

目次

1. 市場要件の整理	P. 22	3. EV/FCバス・トラックの海外市場動向の整理	122
① トラックの市場要件の整理		① トラック海外事例	
(1) 市場概観		(1) 米国	
(2) トラックユーザーヒアリング結果		(2) 豪州	
(3) 車両コスト除き総保有コスト試算		(3) タイ	
(4) 普及シナリオとCO2削減効果		(4) 南アフリカ	
② バスの市場要件の整理		② バス海外事例	
(1) 市場概観		(1) EV導入促進制度と英国事例	
(2) バスアンケート結果		(2) 中国の大規模導入事例	
(3) 車両コスト除き総保有コスト試算		(3) インド市場概観	
(4) 普及シナリオとCO2削減効果		(4) タイ市場概観	
2. EV/FCバス・トラックの普及促進に向けたパワートレイン技術動向等の整理	79	4. 再エネ水素ステーションの普及促進に向けた技術動向等の調査・分析	186
① 蓄電池関連技術動向		① 必要な再エネ発電設備容量	
(1) 蓄電池		② 消費電力量のブレ要因	
(2) モーター		③ 再エネ水素ステーションの経済性	
(3) インバーター		④ 普及施策	
② 水素関連技術動向		⑤ 有識者検討会	
(1) 水素の特徴		⑥ 再エネ水素ステーション海外事例	
(2) 燃料電池の種類と特徴		(1) 米国（カリフォルニア州）	
(3) 高圧水素タンク		(2) ドイツ	
		(3) 中国	

1. 市場要件の整理

① トラックの市場要件の整理

(1) 市場概観

(2) トラックユーザーヒアリング結果

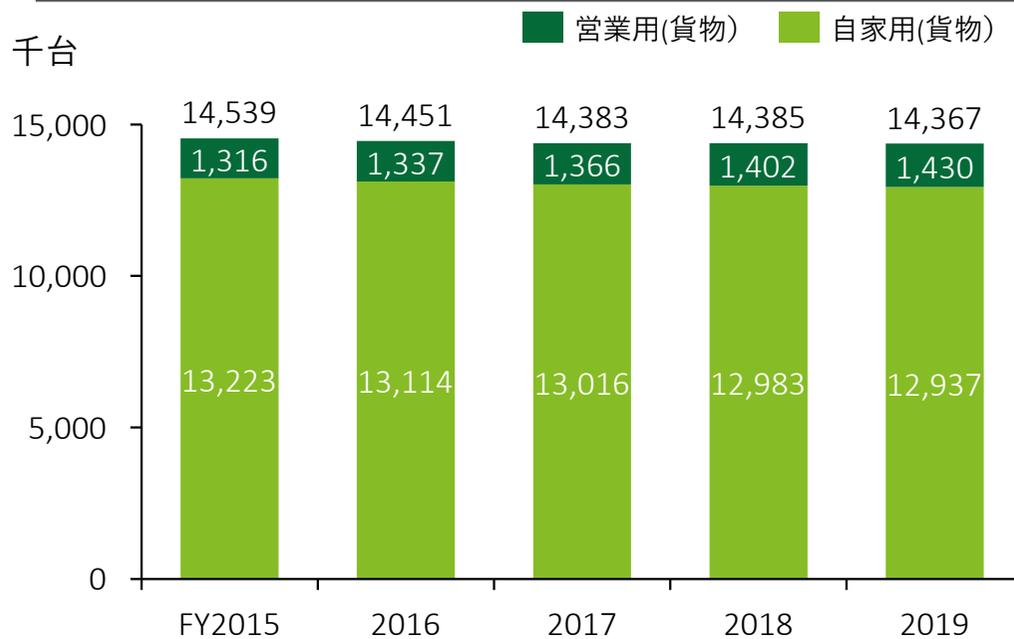
(3) 車両コスト除き総保有コスト試算

(4) 普及シナリオとCO2削減効果

トラックは営業用と自家用に分類されるが、営業用車両数は全体の1割（軽車両除きで2割）を占め過去5年で+9%。全体比9割を占める自家用は-2%の減少傾向にある*

車両台数推移

車両台数 推移（業態別）



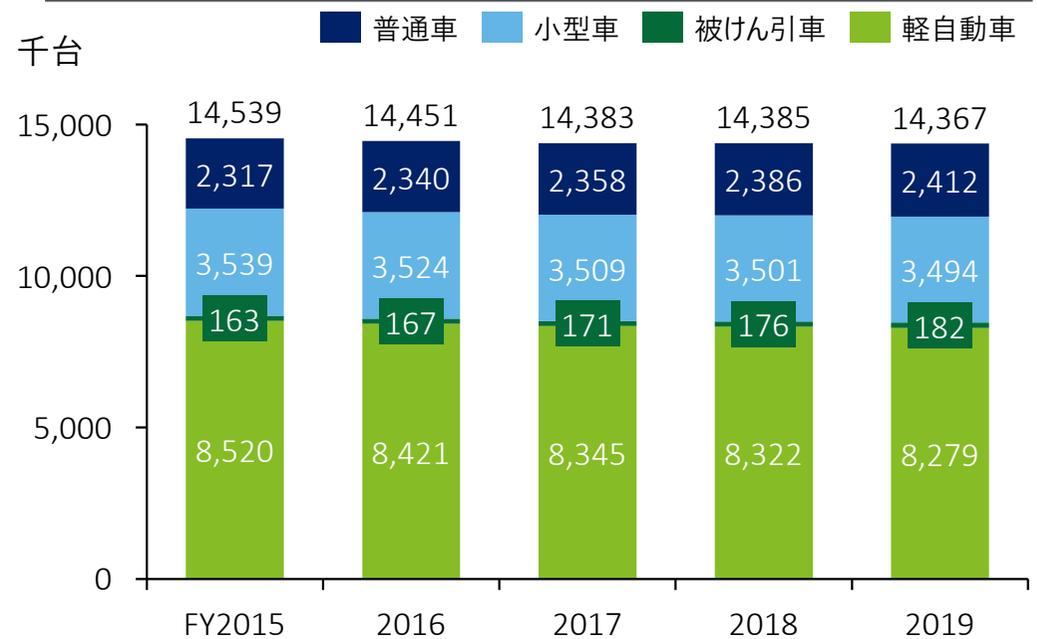
【営業用】

- ✓ 貨物自動車運送事業者が有償で顧客の荷物を運ぶためのトラック
- ✓ 緑を基調としたナンバープレート（緑ナンバー）

【自家用】

- ✓ 自己・自社の荷物を運ぶために、個人または団体が保有しているトラック（対価を伴う輸送は不可）
- ✓ 白を基調としたナンバープレート（白ナンバー）

車両台数 推移（車種別）



【普通車】

- ✓ 四輪以上の小型自動車よりも大きいものであるため、架装を伴うトラックがこちらに該当する

【小型車】

- ✓ エンジンの総排気量が660-2000cc以下、全長4.7m以下のサイズの車両となるため、貨物用では軽トラックを除くバンなどが該当する

出所：自検協『車種別（詳細）保有台数表』各年データより作成

車両台数では約6割の占める軽自動車だが、走行距離が短く燃費も良いため燃料消費割合は7.2%と少ない。CO2削減効果が大きい車両サイズは、大型、小型、中型の順となる

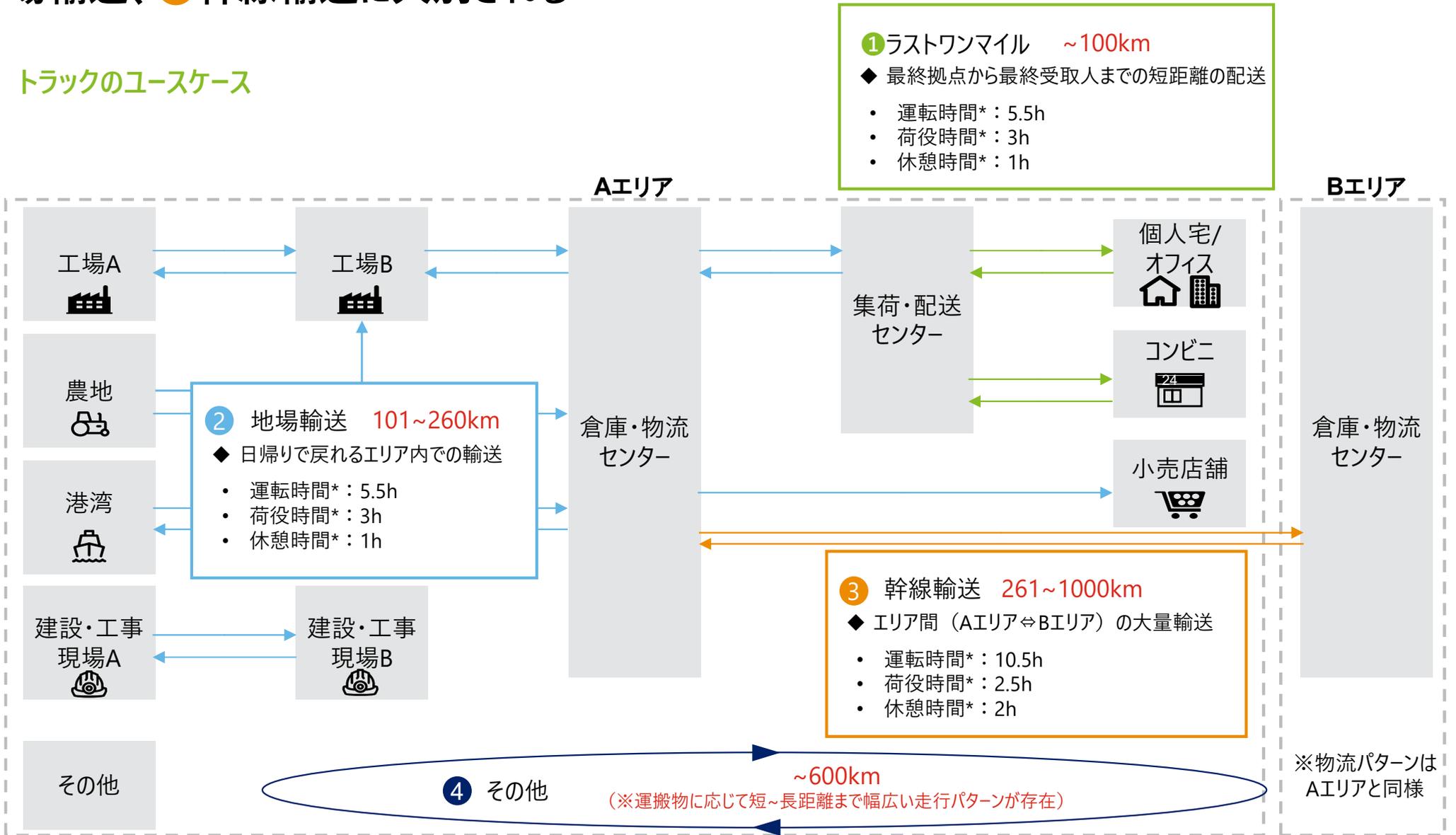
車両区分

	軽	小型	中型		大型	特種*1
			中型S	中型L		
車両台数比	57.6%	24.9%	8.9%	0.2%	5.1%	3.3%
燃料消費割合	7.2%	27.8%	16.4%	0.5%	35.5%	12.6%
GVW (総重量)	1~1.5トン	5トン未満	5トン以上 8トン未満	8トン以上 11トン未満	11トン以上	1t~11トン以上 ※架装に応じた重量
積載量	350kg以下	3トン未満	3トン以上 5トン未満	5トン以上 6.5トン未満	6.5トン以上	350kg以下~ 6.5トン以上
免許要件 (2017年以降の 取得者)	普通免許 (GVW：3.5t未満)	準中型免許 (GVW：3.5-7.5t未満)		中型免許 (GVW：7.5-11t未満)	大型免許 (GVW：11t以上)	普通~大型免許 ※総重量に応じた 免許が必要
主な用途 ※次頁参照	ラストワンマイル (~100km)					その他 ※運搬物に応じて 短~長距離まで幅広い 走行パターンが存在
	地場輸送 (~260km)					
	幹線輸送 (~1,000km)					

出所：環境省『令和元年度EV/FC バス・トラック等のユースケース毎の航続距離等の特性に関するデータ収集及び事業性検証業務』事業報告書より作成

トラックのユースケースは、輸送区間と走行距離に応じて ①ラストワンマイル（LM）、②地場輸送、③幹線輸送に大別される

トラックのユースケース



* 国土交通省『トラック輸送状況の実態調査結果』より。1運行（始業時刻から終業時刻まで）あたりの平均。

昨年度の事業では、「稼働率の高い営業車×①ラストワンマイル」のEV化が最も有望と結論付けている

EV化が有望なユースケース（令和元年度報告書より再掲）

データ分析結果

実走行実績	電費	中型S：1.7km/kWh ※航続距離÷電池容量×1.4が成立するとした場合 軽：13.4km/kWh 小型2.8km/kWh
	走行距離	中型S：カタログ値走行が可能 （最大100km強） ※カタログ値×0.8とした場合 軽：120km 小型：64km 中型（S/L）：80km
経済性成立要件	営業車軽	稼働：54%（週3.8日）以上 41-120km/日走行
	営業車小型	稼働：54%（週3.8日）以上 35-64km/日走行
	営業車中型	稼働：66%（週4.6日）以上 67-80km/日走行

要件を具備する
ケースの有無・
現行EV導入可能性

セグメント別導入可能性・対応方向性

業態	車両区分	車両数 %	区分内分布					
			ラストワンマイル (100km以下)		地場輸送 (101-260km)		幹線輸送 (261km以上)	
			航続距離	経済性	航続距離	経済性	航続距離	経済性
営業車（貨物・特種貨物 計）								
	軽トラック*	1.8%	○	一部○	×	○	△	○
	小型トラック	0.9%	○	○	×	○	△	×
	普通トラック	中型S	該当ケースあり		×	課題：航続距離		○
		中型L	○	一部○	×	○	×	○
		大型	×課題：積載量、充電時間、充電スペース					
自家用車（貨物・特種貨物 計）								
	軽トラック*	55.8%	○	×	×	○	△	○
	小型トラック	24.7%	○	△	×	○	△	×
	普通トラック	中型S	課題：経済性		×	課題：航続距離		○
		中型L	○	×	×	○	×	○
		大型	×課題：積載量、充電時間、充電スペース					

*高い稼働率を具備するケースも存在することが想定されるが、稼働率の分布が不明であり、ユーザ像の特定や 施策の費用体効果に対する不確実性が高いため、現時点ではQuick Winで優先すべきターゲットからは除外

出所：環境省『令和元年度EV/FC バス・トラック等のユースケース毎の航続距離等の特性に関するデータ収集及び事業性検証業務』事業報告書より作成

1. 市場要件の整理

① トラックの市場要件の整理

(1) 市場概観

(2) **トラックユーザーヒアリング結果**

(3) 車両コスト除き総保有コスト試算

(4) 普及シナリオとCO2削減効果

本業務では、EVトラックの初期導入期にトラックユーザーが許容可能となる具体的な車両要件を導出することを目的に、運輸業出身者にヒアリングを実施した

トラックに関するヒアリング設計

#	調査論点	項目	質問例	対象車両		
				大型	中型	小型
1	初期のEVトラックはディーゼルトラックに比べて費用対効果が劣る可能性があるが、どれくらいであれば許容できるか	①価格	初期コストの高さを回収するのに許容可能な年数は何年か	●	●	●
		②航続距離	1回の充電で何km走行出来れば良いか	●	●	●
		③積載量	積載量は何%減であれば許容できるか	●	●	●
		④耐久性	EVに求められる耐久性はどうか	●	●	●
		⑤EVならではの価値	外部給電機能やゼロエミッションであることに対する評価・期待はどの程度か	●	●	●
2	航続距離の短さを運用の工夫でカバーできるか	⑥継ぎ足し充電	荷役の順番待ちや待機時間、ドライバーの休憩時間など、車両が停止している間に充電が可能か	●	●	●
3	EVトラックの初期導入に際して、メーカーサポートが充実していれば導入インセンティブとなるか	⑦導入サポート	充電設備の導入アドバイス、電費改善の運転方法のアドバイス、メンテパック、蓄電池の保証など、何が必要か	●	●	●
4	充電方法で許容できそうなものはあるか	⑧充電方法	ワイヤレス、バッテリー交換、接触給電のうち、トラックで使えそうなものはあるか	●	●	●
5	EV/FCの棲み分けの要因と見立てはどうか	⑨EV/FC	トラックのEV/FCを分ける要因とユースケースによるEV/FC化の進展見込みはどうか	●	●	●

なお、運輸業は営業車の車両構成比で最も多く、トラックの電動化にあたって肝となる業界であるため、運輸業出身者を選定

対象業界

		営業車		自家用車	
業種別 構成比*	運輸	75.5%	(7.8%)	—	—
	建設	24.5%	(2.5%)	35.0%	(31.4%)
	製造			28.2%	(25.3%)
	エネルギー			4.0%	(3.6%)
	産廃			14.6%	(13.1%)
	消費			8.0%	(7.2%)
	農水産			4.0%	(3.6%)
	その他			6.2%	(5.5%)
計	100.0%	(10.3%)	100.0%	(89.7%)	

※一般的に主たる事業が運輸業とされる業種以外でも貨物輸送業を営んでいる企業が一定存在

出所：環境省『令和元年度EV/FC バス・トラック等のユースケース毎の航続距離等の特性に関するデータ収集及び事業性検証業務』事業報告書より作成

脱炭素化が遅れていた物流業界も、電動化の流れからは避けられないという認識。トラックの運用面を鑑みても、小型×①ラストワンマイルからEV化が進むことが予想されている

ヒアリング結果まとめ

#	論点	項目	ヒアリング結果
1	初期のEVトラックはディーゼルトラックに比べて費用対効果が劣る可能性があるが、どれくらいであれば許容できるか	①価格	<ul style="list-style-type: none"> コストが最重要 初期費用の高さについては、ランニングコストの低減により耐用年数内で総保有コストがディーゼルトラックを下回れば検討対象となってくる（小型・中型で+20%程度、大型で+40%程度まで）
		②航続距離	<ul style="list-style-type: none"> 現在の走行距離を満たす必要がある（eCanterではやや短い） 小型：10-70km/日、中型：~250km/日、大型：~550km/日
		③積載量	<ul style="list-style-type: none"> 小型、中型は▲10%程度は許容範囲 大型は輸送効率が特に求められるため、13t→11tは許容できない
		④耐久性	<ul style="list-style-type: none"> ディーゼル車両と同様の水準が必要
		⑤EVならではの価値	<ul style="list-style-type: none"> 冷凍・冷蔵倉庫の停電時にBCPの観点でEVトラックから給電できると魅力的 外部給電機能は利用頻度との兼ね合いで、あれば良いという認識
2	航続距離の短さを運用の工夫でカバーできるか	⑥継ぎ足し充電	<ul style="list-style-type: none"> 小型、中型は業務中の待機時間はあまりなく、休憩時間のみ（最大1h） 大型は高速PAやSAで待機や休憩を行っている（業務によって2~6h） 車両の駐車場所に充電器があれば充電は可能だが、いずれの場合も、十分な駐車スペース確保や充電基数の整備が必要
3	EVトラックの初期導入に際して、メーカーサポートが充実していれば導入インセンティブとなるか	⑦導入サポート	<ul style="list-style-type: none"> 大手物流企業の場合、自社で導入検討が出来るケイパビリティを備えているため、電力契約や充電器の設置に関するサポートは不要の可能性あり 故障等による不稼働時のバックアップ体制が重要
4	充電方法で許容できそうなものはあるか	⑧充電方法	<ul style="list-style-type: none"> 航続距離を延ばす方法に期待しており、バッテリー交換式は運行の観点からも選択肢としてあり得る
5	その他	⑨EV/FC	<ul style="list-style-type: none"> 電動化は、物流企業が取り込まなければならない重要課題と認識 LMや地場ではEVトラックの導入が進むと思われるが、長距離大型はFC

出所：有識者インタビュー

1. 市場要件の整理

① トラックの市場要件の整理

(1) 市場概観

(2) トラックユーザーヒアリング結果

(3) 車両コスト除き総保有コスト試算

(4) 普及シナリオとCO2削減効果

車両コストを除く総保有コストの差から、EV車両に許容される車両コストの増加幅を試算

車両コスト除き総保有コスト試算の諸前提 (1/2)

項目		軽		小型		備考	
		ガソリン車	EV	ディーゼル車	EV		
車両	GVW	1.3t		3t		-	
	燃費・電費	10.2km/L	9.4km/kWh	6.6km/L	2.0km/kWh	<ul style="list-style-type: none"> 燃費：市販車カタログ値×0.6 電費：i-MiEVカタログ値の航続距離×0.8÷電池容量 	
	Kmあたり走行コスト	13円/km	2円/km	17円/km	8円/km		
初期費用	車両価格	120万円	-	320万円	-	<ul style="list-style-type: none"> 市販車のメーカー希望小売価格を参考 	
	充電器	普通	-	20万円	-	20万円	-
		急速	-	-	-	-	-
	工事費	普通	-	-	-	-	-
		急速	-	-	-	-	-
ランニングコスト	耐用年数 (走行距離)	8年 (20万km)	8年 (20万km)	8年 (40万km)	8年 (40万km)	<ul style="list-style-type: none"> EVの耐用年数・走行距離はディーゼル車と同じで設定 	
	燃料費	130円/L	-	110円/L	-	-	
	電気料金	基本料金	-	-	-	-	<ul style="list-style-type: none"> 基本料金の増額なし
		従量料金	-	16.81円/kWh	-	16.81円/kWh	<ul style="list-style-type: none"> 東京電力高圧電力A

出所：三菱自動車工業株式会社HP、東京電力エナジーパートナー株式会社、有識者ヒアリングをもとに設定

車両コストを除く総保有コストの差から、EV車両に許容される車両コストの増加幅を試算

車両コスト除き総保有コスト試算の諸前提 (2/2)

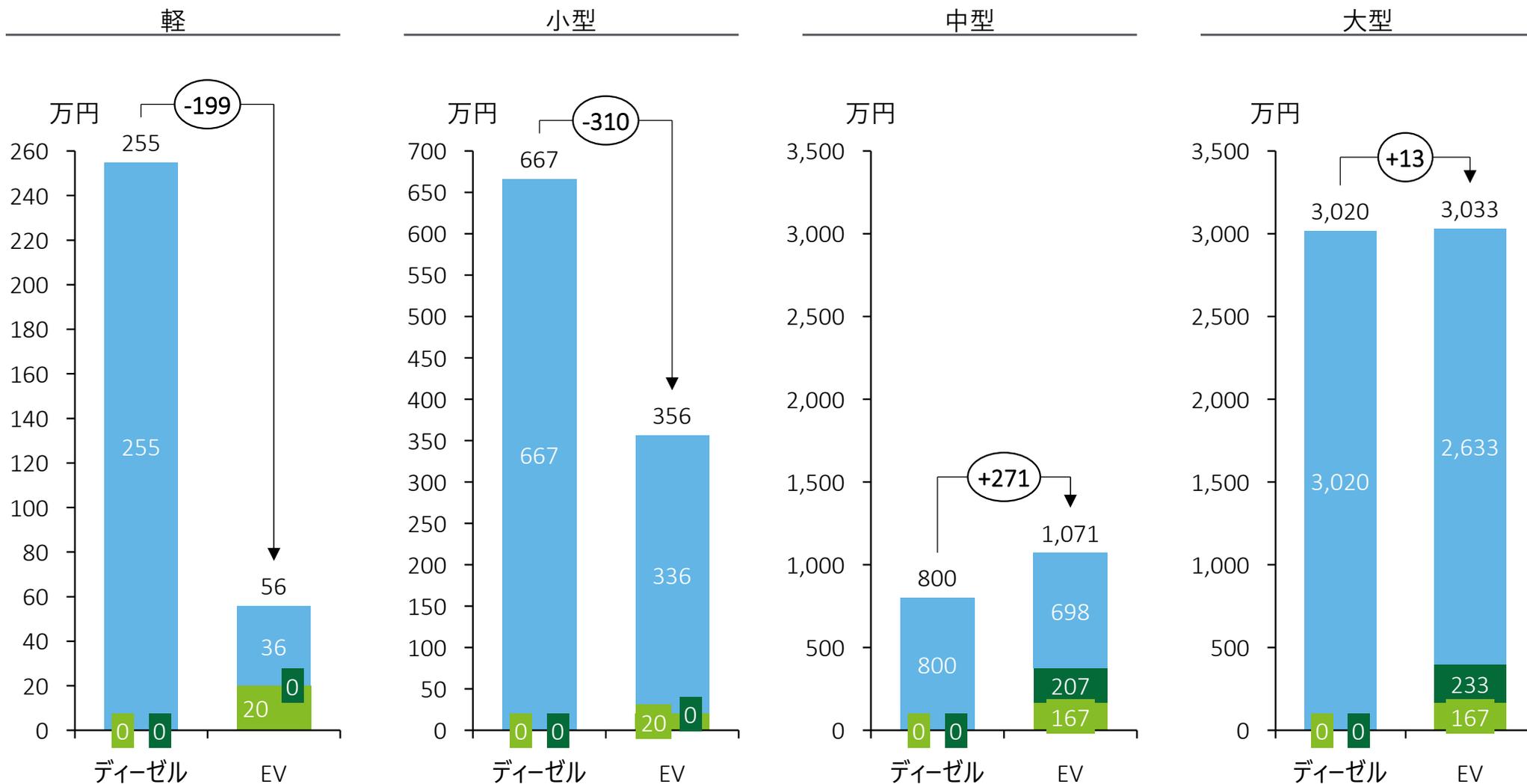
項目		中型		大型		備考	
		ディーゼル車	EV	ディーゼル車	EV		
車両	GVW	7.5t		25t		-	
	燃費・電費	5.5km/L	1.0km/kWh	2.6km/L	0.4km/kWh (推定値)	<ul style="list-style-type: none"> 燃費：市販車カタログ値×0.6 電費：カタログ値の航続距離×0.8÷電池容量 	
	Kmあたり走行コスト	20円/km	17円/km	43円/km	38円/km		
初期費用	車両価格	500万円	-	200万円	-	<ul style="list-style-type: none"> 市販車のメーカー希望小売価格を参考 	
	充電器	普通	-	-	-	-	
		急速	-	200万円	-	200万円	<ul style="list-style-type: none"> 3台で共有
	工事費	普通	-	-	-	-	-
急速		-	300万円	-	300万円	<ul style="list-style-type: none"> 3台で共有 	
ランニングコスト	耐用年数 (走行距離)	8年 (40万km)	-	9年 (70万km)	-	-	
	燃料費	110円/L	-	110円/L	-	-	
	電気料金	基本料金	-	1,293/kW	-	1,293/kW	<ul style="list-style-type: none"> 急速50kWで試算
		従量料金	-	16.81円/kWh	-	16.81円/kWh	<ul style="list-style-type: none"> 東京電力高圧電力A

出所：三菱自動車工業株式会社HP、東京電力エナジーパートナー株式会社、有識者ヒアリングをもとに設定

車両コストを除く総保有コストの差より、軽トラックでは199万円、小型トラックでは310万円までの車両価格増が許容される。中型・大型トラックでは、電力基本料金の高さや電費の悪さからランニングコストが高くなる結果

車両コスト除き総保有コスト比較

■ 燃料費/電気代 ■ 電気代基本料金 ■ 充電設備初期コスト



※ 中型と大型の電気代基本料金の違いは、耐用年数の違いから生じている

※ EVのメンテナンス費は不確定要素が大きく、試算からは除外している。バッテリーの交換などが必要な場合はコストの増加要因となる

1. 市場要件の整理

① トラックの市場要件の整理

(1) 市場概観

(2) トラックユーザーヒアリング結果

(3) 車両コスト除き総保有コスト試算

(4) 普及シナリオとCO2削減効果

EVトラックの市場要件としては、既存のディーゼル車両と同等の使い勝手（積載量、耐久性）があり、かつ総保有コストが下がることが導入の大前提。現行車両では価格が高く、航続距離も短い

市場要件の整理と現行車両の充足度

	市場要件の整理				現行車両の充足度	
	軽 (積載量350kg)	小型 (積載量2t)	中型 (積載量4t)	大型 (積載量10t以上)	中型 三菱eCanter	充足度
許容可能な 車両価格差	+199万円 (ディーゼル+166%)	+310万円 (ディーゼル+97%)	N/A	N/A	+数百万円	×
充電1回あたり 航続距離	LM：10～70km	LM：10～70km 地場：150～200km	地場：200～250km	地場：～250km 幹線：～1,000km	100km	△ LM使用のみ
積載量	350kg	1.8t以上	3.6t以上	12t以上 (13t増トン車の場合)	4.1t	○
耐久性	ディーゼルと同等	ディーゼルと同等	ディーゼルと同等	ディーゼルと同等	車体は同等と想定	車体：○ 蓄電池：不明
外部給電機能	あれば可	あれば可	あれば可	あれば可	なし	×
満充電までの 許容時間	昼間：～1時間 夜間：～10時間	昼間：～1時間 夜間：～10時間	昼間：～1時間 夜間：～12時間	昼間：～6時間 夜間：～8時間 (非交代制)	普通：約11時間 急速：約1.5時間	昼間・急速：△ 夜間・普通：○
充電方法	普通充電	普通充電 急速充電	急速充電	急速充電	普通充電 急速充電	○

現行の物流オペレーションが少なくとも変更なく維持され、かつオペレーションコストが下がるような世界観を提供できないとEVトラックの導入は困難であるため、下記の普及課題を解決していく取り組みが必要となる

普及課題と取り組み方向性

普及に際し解決されるべき課題	取り組み方向性	優先度	取り組み主体		
			政府・政策	メーカー	ユーザー
① 初期コストを抑える	<ul style="list-style-type: none"> EVトラックが使用されるユースケースに合ったサイズの蓄電池容量を搭載・バッテリー容量の選択化 	高	—	◎	◎ 最適なサイズのバッテリーを知るためには精緻な走行距離把握と予想が必要
② 電力基本料金を上げない	<ul style="list-style-type: none"> 夜間普通充電で対応 充電負荷を平準化するための充電マネジメント 	中	—	◎	○
③ 業務に求められる走行距離を航続可能にする	<ul style="list-style-type: none"> 継ぎ足し充電を前提としたオペレーションは非現実的であり、蓄電池の技術革新による航続距離の伸長が必要 現行リチウムイオンバッテリーの継続的イノベーション 全固体電池、次世代蓄電池の開発 	高	○ 開発サポート	◎	—
④ 積載量を減らさない	<ul style="list-style-type: none"> EVトラックが使用されるユースケースに合ったサイズの蓄電池容量を搭載・バッテリー容量の選択化 バッテリー性能の改善・小型化 	高	—	◎	◎ 最適なサイズのバッテリーを知るためには精緻な走行距離把握と予想が必要
⑤ トラックサイズの車両が利用可能な充電インフラを整備する	<ul style="list-style-type: none"> 商用車が利用できる充電インフラが少なく、整備が必要 充電には時間を要するため、物流の要衝ではなく、トラック運転手が休憩する場所（コンビニ、高速SA/PA、駐車場等）を調べ、設置する必要あり 	中	○ 補助金によるサポート	◎	○

その点、①ラストワンマイルは価格、航続距離のハードルがクリアできる可能性が高く、電動化が最初に進むセグメントであると考えられる。小型・中型でも稼働率の高いユースケース、及び大型は積載量、充電時間、充電スペースの確保に課題があり、EVではなくFCが有望

電動化のタイプと有望なユースケース

車両区分		区分内分布		
		① ラストワンマイル (100km以下)	② 地場輸送 (101-260km)	③ 幹線輸送 (261km以上)
軽トラック		EV 夜間普通充電で一日に必要な走行距離をカバーすることが可能		
小型トラック		B2C : EV B2B : FC* *コンビニ配送など稼働率が高いユースケースは、EVでは走行距離が満たせず、かつ充電時間の確保も難しい	EV FC	FC
普通トラック	中型S		EV FC	FC
	中型L		EV FC	FC
大型		FC ユースケースが固定されているケースは稀であり、短距離～長距離走行に耐えられる必要がある EVでは積載量が十分に確保できず、充電場所/時間の確保も難しい		

前頁の整理は自動車メーカー有識者も同様の考え。小型、中型においては車体構造上のスペースの制約から、EV、FCいずれも航続距離に大きな違いが生じ得ないとのこと。充電時間が取れるユースケースはEV、不可の場合はFCというように棲み分けが進む

電動化の進み方

- 前頁表ほぼ正しい整理になっているが、稼働時間(充電にかけられる時間の有無)の観点でEVとFCの使い方の違いを理解する必要がある
- バスの場合、深夜に稼働しない時間帯が発生するため、大きさに限らずEVを使用する方が適している。一方、コンビニの配送など24時間稼働が想定される用途の場合、充電を必要としないFCの方が優れている
- 物流系の商用車でEVを使用する実証実験を実施していたこともあったが、充電時間を要するという制約から、実用化のハードルが高いという実験結果が出ている
- FCの方がEVよりも長距離走行が可能であるが、中小型商用車の場合、EV、FCどちらを使用しても走行可能距離にほとんど差が出ない。FC, EVの場合現在のガソリン車の車体サイズを前提とした場合に、搭載できるエネルギーの量に制約がある為、長距離走行できない



自動車メーカー
FC開発担当者

短距離走行の軽・小型×ラストワンマイルの電動化は大手から進み、30年時点では大手を中心に3万6000台のEVが導入されていると予想される。中距離以上を走行、または中型車両以上は、2030年までにEVトラックに置き換わる可能性は低い

トラック | 普及シナリオ

事業者名	2019年度売上 (百万円)	保有車両数 (両)	電動化目標	30年時点EV車両数
日本郵便	3,094,375	110,000	<ul style="list-style-type: none"> 25年度まで郵便配達車両の3割に当たる3万3000台を電気自動車（EV）に切り替える方針 25年度までに四輪車1万2000台、二輪車2万1000台をEVに転換（現在は四輪車約3万台、二輪車約8万台のうち、EVはそれぞれ1500台と2200台にとどまる） 30年代半ばまでには、ほぼ全ての車両をEVにする見通し。 	2万4000台 (推定)
ヤマトホールディングス	1,630,146	54,778	<ul style="list-style-type: none"> 2030年までに小型集配車両の半数である約5,000台をEVを含む次世代モビリティに置き換える方針 	5,000台 (目標)
SGホールディングス	1,173,498	26,661	<ul style="list-style-type: none"> 2030年をめどに自社で配送に使う軽自動車約7000台をすべて電気自動車（EV）に切り替える 天然ガスやハイブリッドの車両が約4000台あるが、EVは19台にとどまる。 	7,000台 (目標)
セイノーホールディングス	627,126	25,527	<ul style="list-style-type: none"> 不明 	NA
福山通運	292,999	16,138	<ul style="list-style-type: none"> 不明 	NA
トナミホールディングス	138,167	3,420	<ul style="list-style-type: none"> 不明 	NA

前頁の普及シナリオに基づく、2030年時点のCO2削減効果は0.57%と微小

トラック | CO2削減効果 (2030年時点)



① 年間平均走行距離 (km/年) ÷ ② 燃費 or 電費 (km/L) or (km/kWh) × ③ CO2排出係数 (kg-CO2/L) or (kg-CO2/kWh) × ④ 台数 = 年間排出CO2量 (t-CO2/年)

Diesel							
	年間平均走行距離 (km/年)	燃費 or 電費 (km/L) or (km/kWh)	CO2排出係数 (kg-CO2/L) or (kg-CO2/kWh)	台数		年間排出CO2量 (t-CO2/年)	
軽	25,000	÷	10.2	×	2.619	×	8,275 = 53,118,199
小型	50,000	÷	6.6	×	2.619	×	3,577 = 70,970,932
中型	50,000	÷	5.5	×	2.619	×	1,307 = 31,118,482
大型	77,778	÷	2.6	×	2.619	×	790 = 61,893,462
合計							13,949 = 217,101,074
EV							
軽	25,000	÷	9.4	×	2.619	×	19 = 132,343
小型	50,000	÷	2	×	2.619	×	17 = 1,113,075
中型	50,000	÷	1	×	2.619	×	0 = 0
大型	77,778	÷	0.4	×	2.619	×	0 = 0
合計							36 = 1,245,418 0.57%

※EVトラックの走行時CO2排出量がゼロとなる前提で試算
 ※日本郵政：軽、小型で半々と仮定、ヤマトは全て小型車両と仮定

【参考】ヤマト運輸は、2030年までに小型集配車両の半数である約5,000台をEVを含む次世代モビリティに置き換える方針であり、着実にEV化を進めている

EVトラック導入事例 | ヤマト運輸×ラストワンマイル (B2C)

2017年11月～
eCanter導入



三菱ふそう製「eCanter」を25台導入

- 東京23区に15台、横浜エリア5台、埼玉県2台、千葉県3台
- 急速充電器は導入せず、配送設備内の普通充電を使用し、夜間充電にて給電

2020年1月～
ストリートスクーター導入



DHLグループストリートスクーター製EVトラック500台を順次導入

- 一都三県に500台

2020年2月～
EVウォークスルートラック
導入



いすゞ製「エルフEVウォークスルーバン」を1台導入

- 神奈川県に1台導入し、モニター稼働

【参考】佐川急便は、2030年までに営業車の2割強に相当する軽自動車7,000台を全てEVに切り替える方針

EVトラック導入事例 | 佐川急便×ラストワンマイル (B2C)

佐川急便、EVで宅配 軽7000台転換しCO2を1割減へ

宅配便大手の佐川急便を傘下に持つSGホールディングスは、2030年をめどに自社で配送に使う軽自動車約7000台をすべて電気自動車 (EV) に切り替える。営業車両の2割強にあたる。EVベンチャーのASF (東京・港) と専用車を共同開発する。利用者や投資家の環境意識が高まっており二酸化炭素 (CO2) 排出量を現在より1割強減らす。

宅配便大手で軽自動車すべてをEVにするのは初めて。軽自動車は細い道が多い住宅街での配達に適している。EVの開発で軽自動車が行先していることも踏まえ、SGHDは切り替えを決めた。ASFとは後方に広い荷室が確保できる箱形の貨物車を開発している。荷台の高さなどを荷物を積み下ろししやすい設計にしており、今春ごろに試作車が完成する見込み。実用化後は物流事業者向けに車両の外販も検討する。

SGHDは20年3月末時点で約2万7000台の営業車両を使っている。天然ガスやハイブリッドの車両が約4000台あるが、EVは19台にとどまる。現在利用している軽自動車の大半はリース契約で、EV導入に伴う費用は今のリースと同じ程度に抑えられる見通し。

自動車を使う物流はCO2の排出量が多く、SGHDも物流事業で年約28万トンのCO2を排出している。荷主や配送先に加え最近では機関投資家のESG (環境・社会・企業統治) への意識も高まっており、政府も35年までに全ての新車販売をEVなどの電動車にする目標を示した。物流業界ではヤマトホールディングスなども配送車の一部をEVにする方針を打ち出している。

【参考】コンビニ各社はFCトラックを店舗への配送用に導入予定。店舗への配送は一日に複数回、長時間にわたって行われるため、FCが適しているとのこと

EVトラック導入事例 | コンビニ大手3社×ラストワンマイル (B2B)

トヨタとコンビニ3社、配送に燃料電池車 実証実験、利便性を検証

トヨタ自動車とコンビニエンスストア大手3社などは8日、2021年に燃料電池（FC）トラックを活用した配送の実証実験に取り組むと発表した。トラックはトヨタと日野自動車が共同開発する。店舗への弁当の配送に使うなどして利便性を検証し、22年をめどにFCトラックの本格導入を目指す。燃料となる水素の充填インフラの整備など課題の洗い出しを進める。

今回の実験は、セブン-イレブン・ジャパン、ファミリーマート、ローソン、トヨタ、日野自の5社による、FCトラックの普及に向けた環境整備を目指した合意によるもの。コンビニ3社が1台ずつ小型のFCトラックを使って配送センターから店舗へ商品を届ける。実験地域は水素ステーション事業者も含めて協議し今後決める。有用性が確かめられれば、22年前半をめどに台数を増やして本格的に導入する。

コンビニは弁当を中心に1日に複数回、長時間にわたり商品を配送する。そのため5社は、航続距離が長くて積載量が大い一方、充填の時間が短くて済む水素燃料の利用が適しているとみている。

トヨタとセブンは19年からFCトラック2台を用いた配送実験を手掛けている。今回使用するトラックには近く発売予定の燃料電池車（FCV）「ミライ」の新型車と同じ水素タンクを取り付けて、現時点で実験に使っているトラックよりも航続距離を伸ばす。将来的には現行の約2倍となる400キロを目指す。

出所：日本経済新聞「トヨタとコンビニ3社、配送に燃料電池車」（2020年12月9日）

1. 市場要件の整理

② バスの市場要件の整理

(1) 市場概観

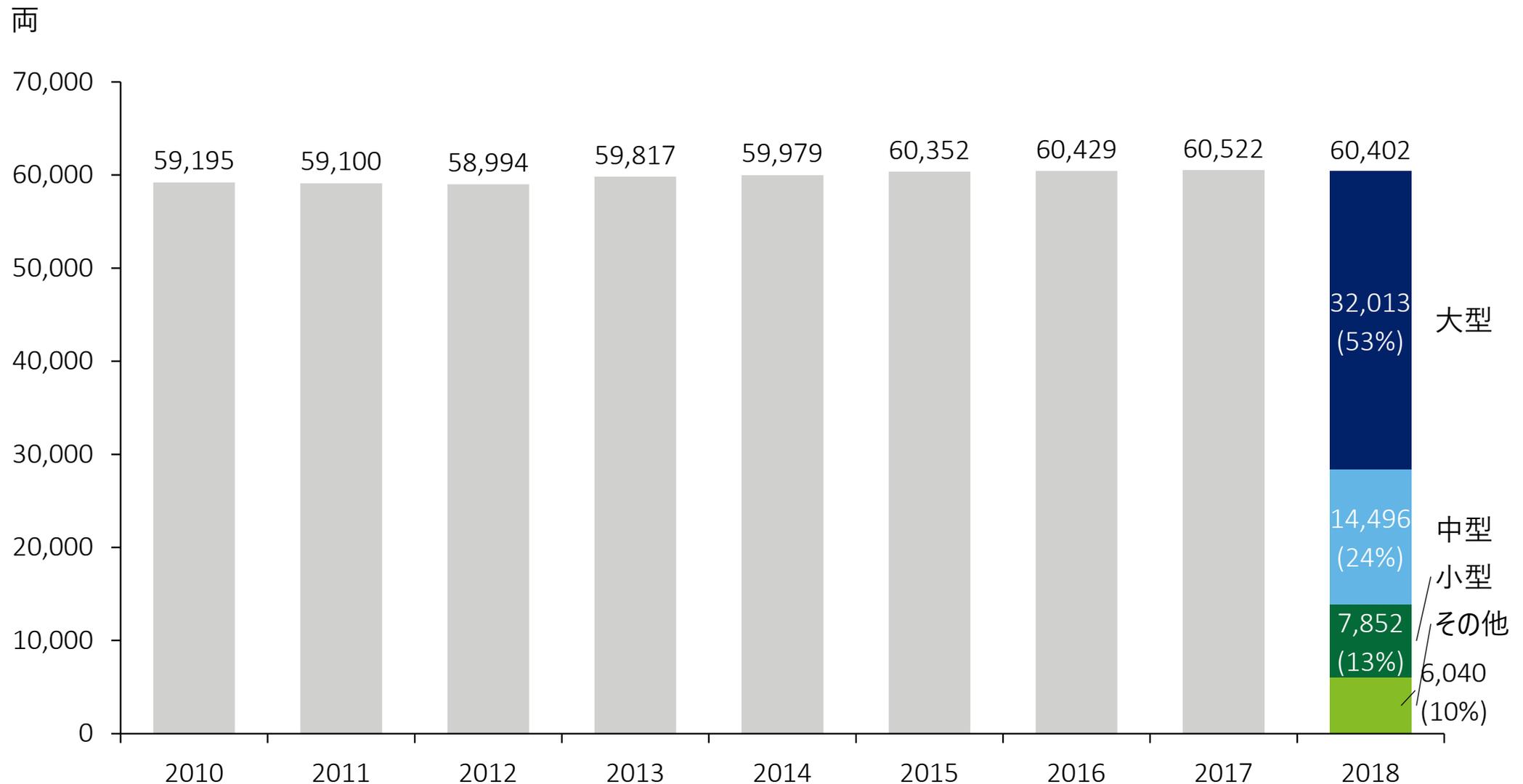
(2) バスアンケート結果

(3) 車両コスト除き総保有コスト試算

(4) 普及シナリオとCO2削減効果

乗合バスの車両台数は2018年度（平成30年度）時点で60,402両。アンケート結果より、サイズ内訳は大型は53%、中型が24%、小型が13%、その他が10%と推計される

乗合バス車両台数推移



出所：国土交通省「自動車関係統計データ」、アンケート結果より作成

乗合バスに用いられる車両区分は以下の通り分類される

車両区分

※定員11名以上の車両を対象としている

車両サイズ		大型		中型	小型		その他
外観							
型式例	三菱ふそう 「AERO ACE」	三菱ふそう 「AERO STAR」	いすゞ 「ERGA mio」	日野 「ポンチョ(ロング)」	トヨタ 「コースターEX」	トヨタ「ハイエースコ ミューター」	
車両重量	12,530 kg	10,460 kg	7,940 kg	5,730 kg	3,920 kg	2,240 kg	
車両総重量	15,665 kg	14,750 kg	11,295 kg	7,710 kg	5,515 kg	3,010 kg	
定員数	57 名	78 名	61 名	36 名	29 名	14 名	
寸法	全長	11,990 mm	10,705 mm	8,990 mm	6,990 mm	6,990 mm	5,380 mm
	車幅	2,490 mm	2,490 mm	2,300 mm	2,080 mm	2,080 mm	1,880 mm
	車高	1,760 mm	3,120 mm	3,045 mm	3,100 mm	2,635 mm	2,285 mm
燃費	4.9 km/L	4.45 km/L	6.0 km/L	6.5 km/L	9.1 km/L	8.9-11.8 km/L	
燃料タンク	405 L	155 L	130 L	100 L	95 L	70 L	
主なメーカー	日野自動車 三菱ふそう	いすゞ自動車 三菱ふそう	いすゞ自動車 三菱ふそう	日野自動車	トヨタ自動車 日野自動車	トヨタ自動車	

出所：トヨタ自動車（株）HP、日野自動車（株）HP、いすゞ自動車（株）HP、三菱ふそうトラックバス（株）HP、日本の自動車技術330選より作成

乗合バスは運行上の特徴により5つのユースケースに細分可能であるが、本業務では大分類である乗合バス全般を対象に調査を行っている

乗合バスのユースケース

	法律における運行形態の分類			実際の運行上の特徴			ユースケース
	路線	ダイヤ	予約要否	運営主体	車両タイプ	高速道	
乗合バス	路線定期運行	あらかじめ設定	あらかじめ設定	バス事業者	観光バス型	走行する	高速バス
					路線バス型		
	路線不定期運行	あらかじめ設定	定めず	市町村 (運行は事業者へ委託している場合もある)	マイクロバス/ バン	走行しない	路線バス
区域運行	定めず	必要 (予約がなければ運行しない)					コミュニティバス

出所：道路運送法、その他公開情報より作成

昨年度の事業では、小型バスの電動化が先に進むが、CO2削減効果が大きいセグメント（電動化の本丸）は車両数で約8割を占める大型/中型バスであり、継続的に取り組む必要があると結論付けている

EV化が有望なユースケース（令和元年度報告書より再掲・一部改変）

ユースケース				EV導入スピードに関する評価				EVバス普及に向けた見通し	必要な取組方向性	日本でのOEM別バス市販状況	
用途	車両タイプ	車両数 [台]	走行距離充足性	経済性 (対ディーゼル車)		最適化後*3	日本			日本以外	
				車両→	総コスト→						
乗合バス (公共交通) ⇒ 今回の検討範囲	路線バス	大型 (78名)*1	48,257	○	×	×	○～×	中期	✓ 最適化検討の横展開 + 車両開発	×	K9 (69名)
		中型 (61名)		○	×	×	○～×	中期	✓ 最適化検討の横展開 + 車両開発	×	K7RA (40名)
		小型 (36名)		○	△	○～△	○～△	Quick Win	✓ -	×	ポンチョ/J6 (31名)
	高速バス	大型 (57名)*1	7,552	×	×	△～×	長期	✓ 急速充電インフラ整備検討 ✓ FCとの両にらみでの車両開発	×	×	
	コミュニティバス	中型 (61名)	3,263	○	×	×	○～△	中期	✓ 最適化検討の横展開 + 車両開発	×	K7RA (40名)
		小型 (36名)		○	△	○～△	○～△	Quick Win	✓ -	×	ポンチョ/J6 (31名)
	定期観光バス	大型 (57名)*2	423	○	×	×	○～×	中期	✓ 最適化検討の横展開 + 車両開発	×	×
デマンド型交通	バン (14名)	1,056	○	○～△	○～△	○～△	中期	✓ 最適化検討の横展開 + 車両開発	×	×	

*1： 同じ大型でも路線バスと高速バスではトイレやトランクの有無や燃料タンク (or バッテリー) の大きさが異なる

*2： 高速バスと定期観光バスの大型は同タイプ

*3： 本業務において実施した交番表分析や充電マネジメントによる充電池容量低減を実施した場合

出所：環境省『令和元年度EV/FC バス・トラック等のユースケース毎の航続距離等の特性に関するデータ収集及び事業性検証業務』事業報告書より作成

1. 市場要件の整理

② バスの市場要件の整理

(1) 市場概観

(2) バスアンケート結果

(3) 車両コスト除き総保有コスト試算

(4) 普及シナリオとCO2削減効果

本業務では、EVバスに求められる具体的な車両要件を導出することを目的に、路線乗合バス30両以上を保有するバス事業者に対して、現在の路線バスの運用実態、及びEVバスに関する意識調査を実施した

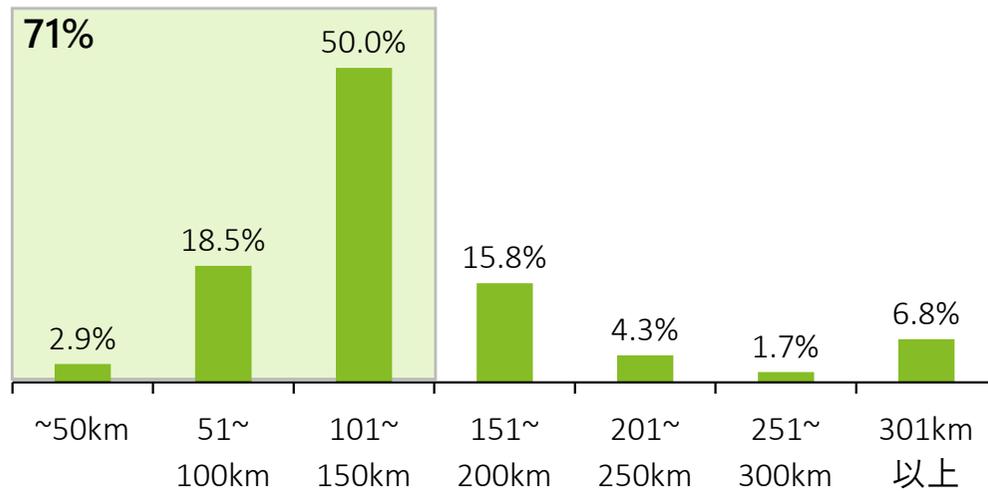
アンケート概要

#	項目	概要
1	実施方法	■ インターネット調査
2	アンケート調査対象	■ 乗合バス30両以上を保有するバス協会の会員事業者 ➤ 全国約250社
3	実施スケジュール	■ 2月17日～3月10日
4	回答結果	■ アンケート回収数：67社（回収率：27%）

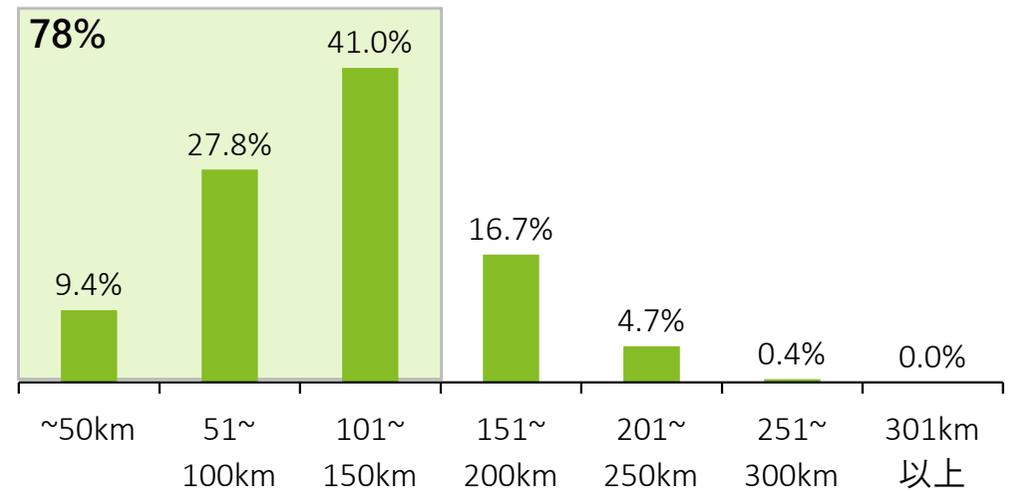
一日当たり走行距離は150km以下の車両が約7割、200km以下では約9割という結果。
 航続距離としては、まずはボリュームゾーンである一日150km走行可能な車両の開発・導入
 を目指すべきである

アンケート結果 | 車両サイズ×一日当たり走行距離

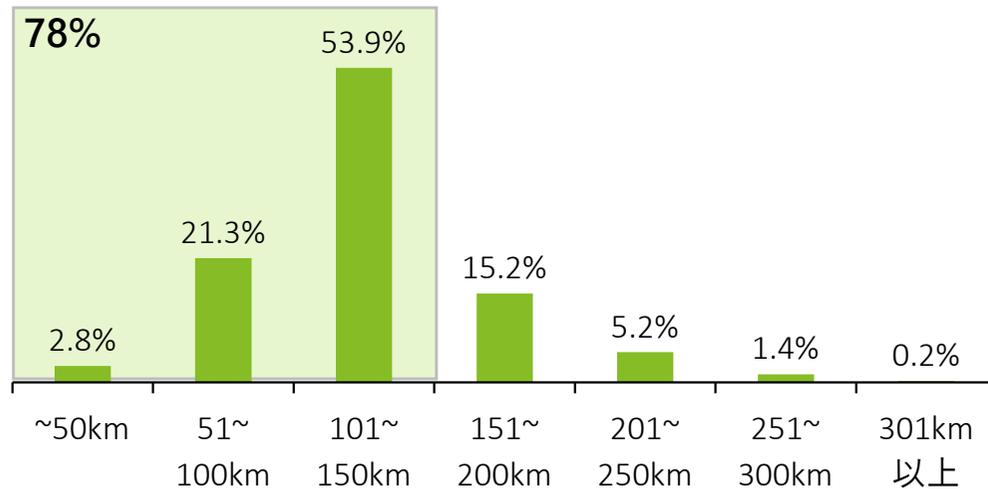
大型バス



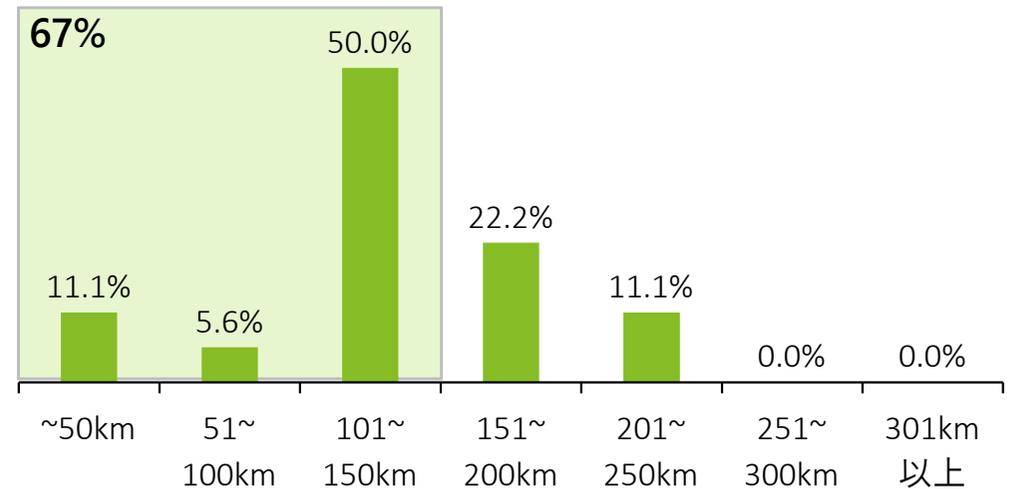
小型バス



中型バス



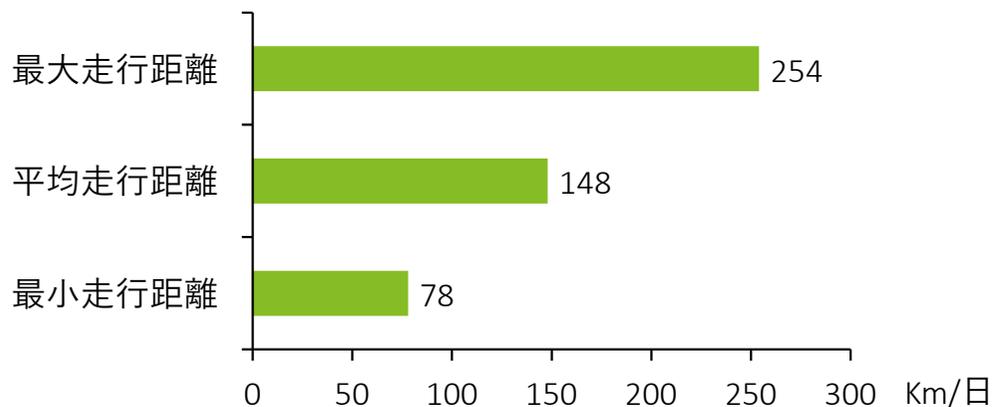
その他 (バンなど)



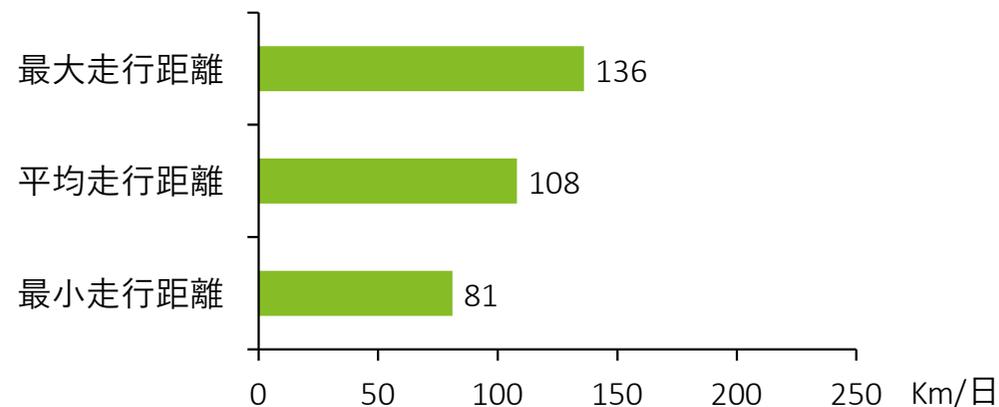
事業者ごとの最大走行距離、平均走行距離、最小走行距離の算術平均を取ると以下の通り。大型バスは空港バスなど長距離データも入っているため、他のサイズよりやや長め

アンケート結果 | 車両サイズ×平均走行距離、最大走行距離、最小走行距離

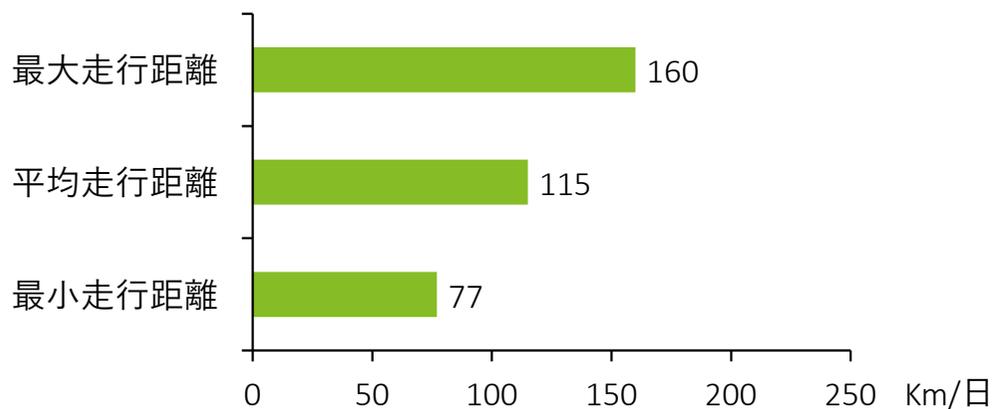
大型バス (n 65)



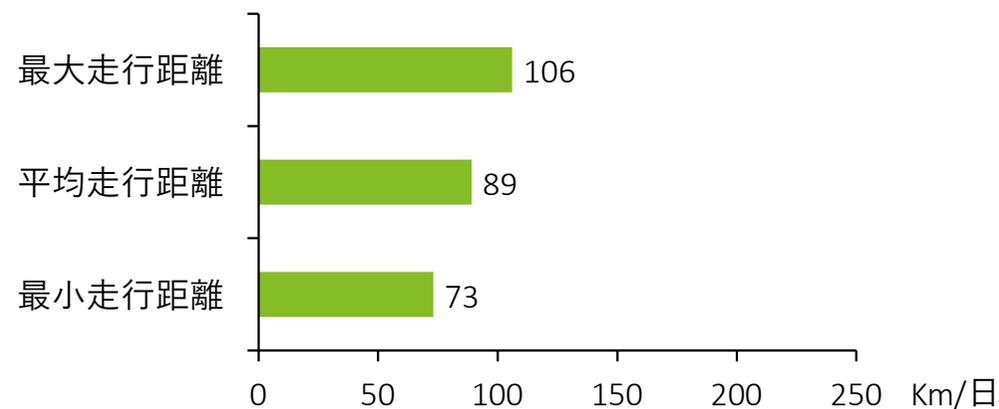
小型バス (n 37)



中型バス (n 54)

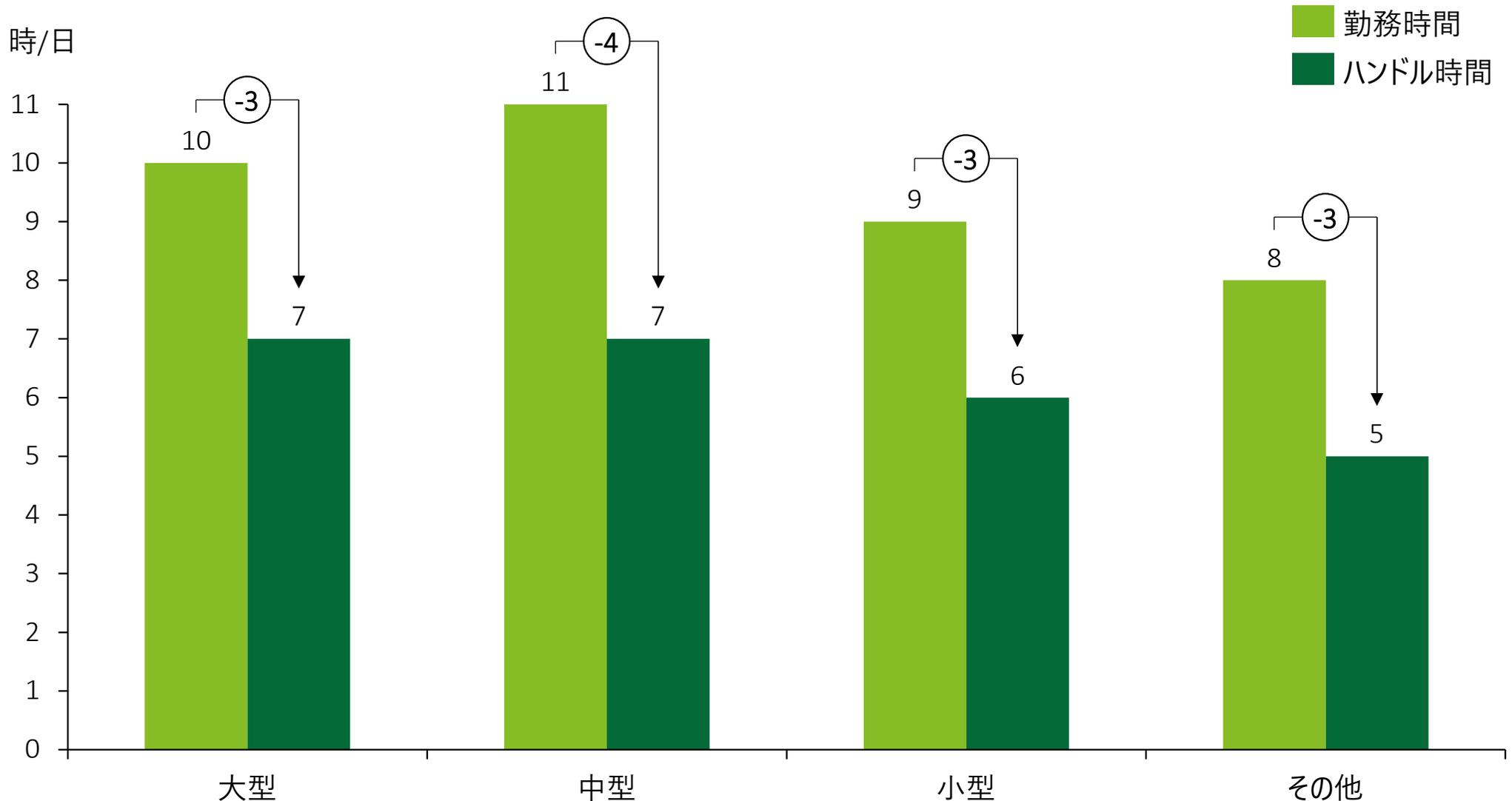


その他 (n 10)



ドライバーの平均的な勤務時間は8時間～11時間、ハンドル時間は5時間～7時間であり、3時間～4時間の運転していない時間が存在し、充電に充てられる可能性あり

アンケート結果 | 車両サイズ×勤務時間とハンドル時間

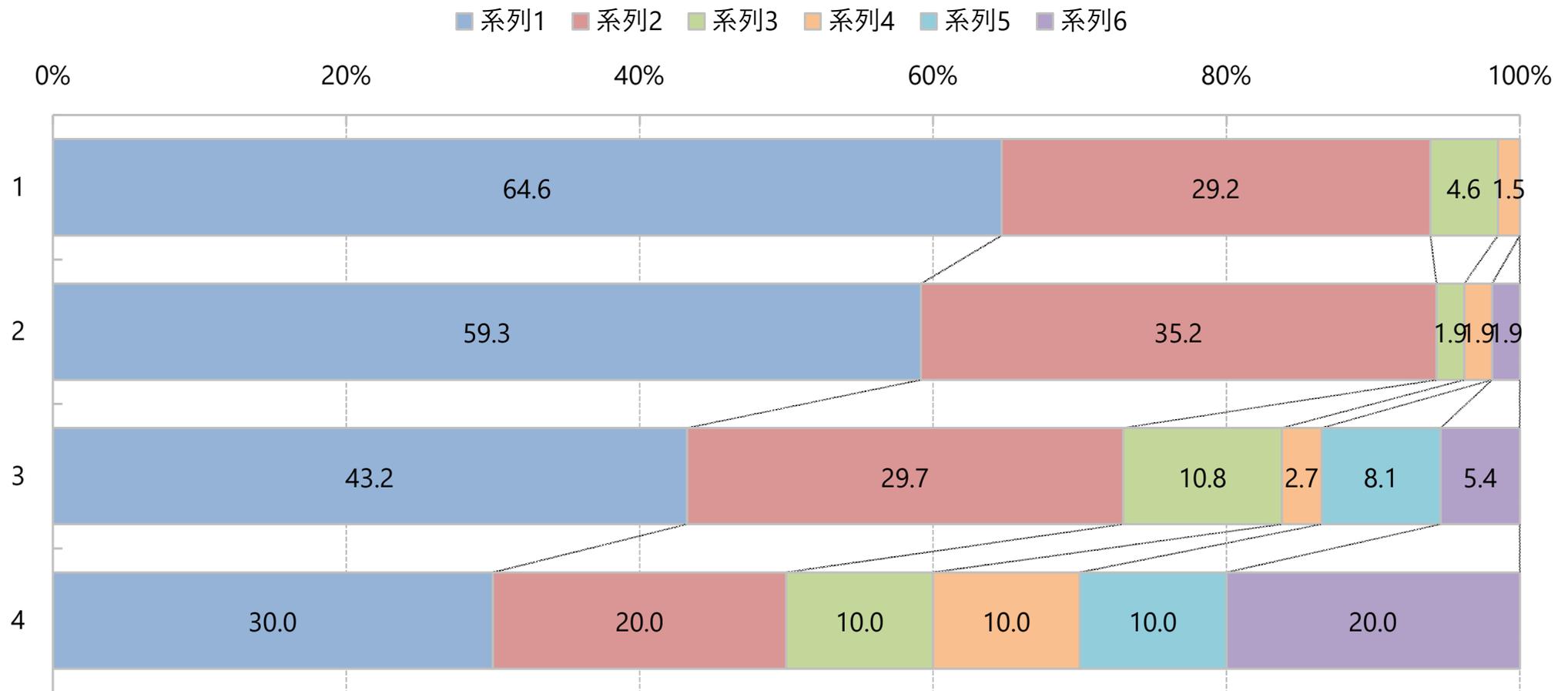


大型になるにつれて稼働日数が多く、稼働率が高い傾向を確認。稼働率が高い方がランニングコストが安いEVに置き換えるためには有利

アンケート結果 | 車両サイズ×稼働日数

[Q1] 車両サイズごとの日数ベースでの稼働割合を教えてください。

(営業所単位、回答時点)

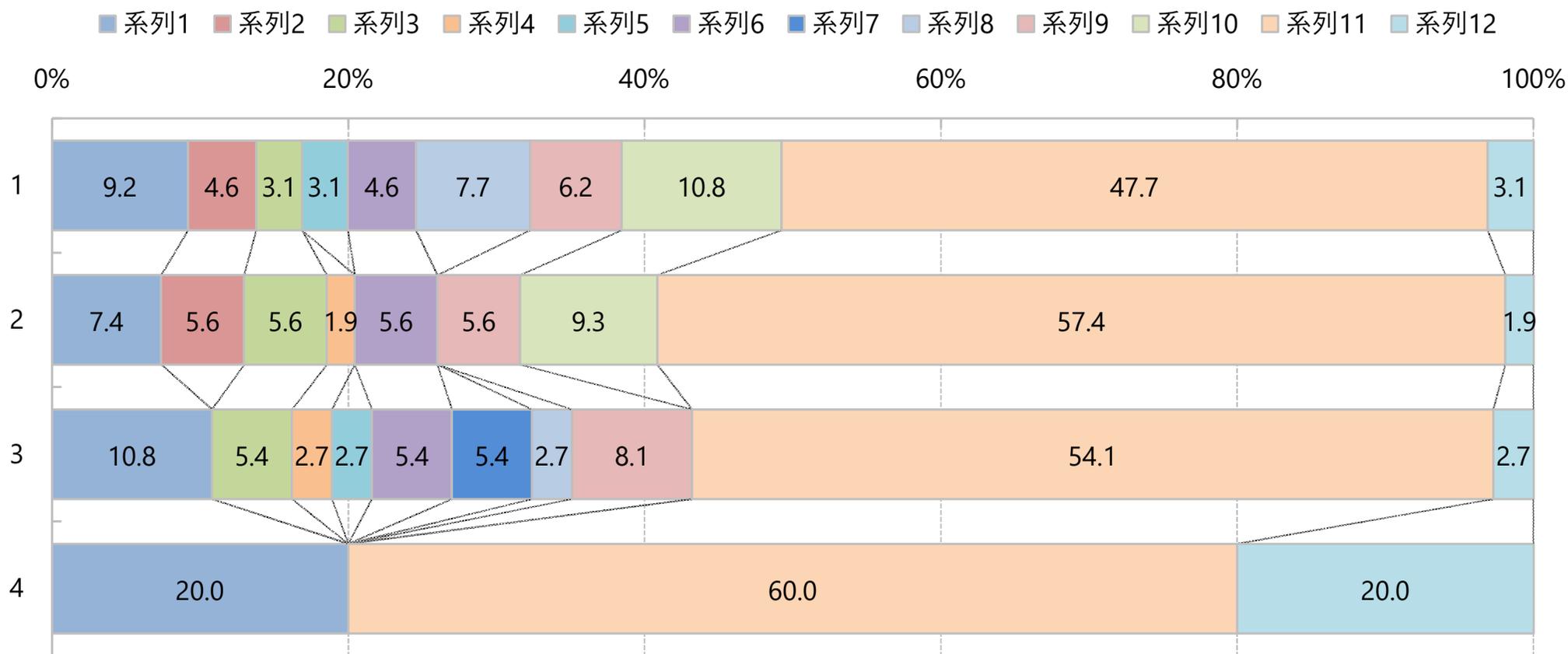


新車と中古車の割合の多寡はあるが、9割の事業者が新車を購入していることが確認された。価格競争力のあるEVバスがあれば、置き換わりのスピードは早い可能性がある

アンケート結果 | 新車・中古車比率

[Q2] 現在保有されている車両について、新車 (購入もしくはリース) と中古車 (購入もしくはリース) の比率を教えてください。

(営業所単位、回答時点)

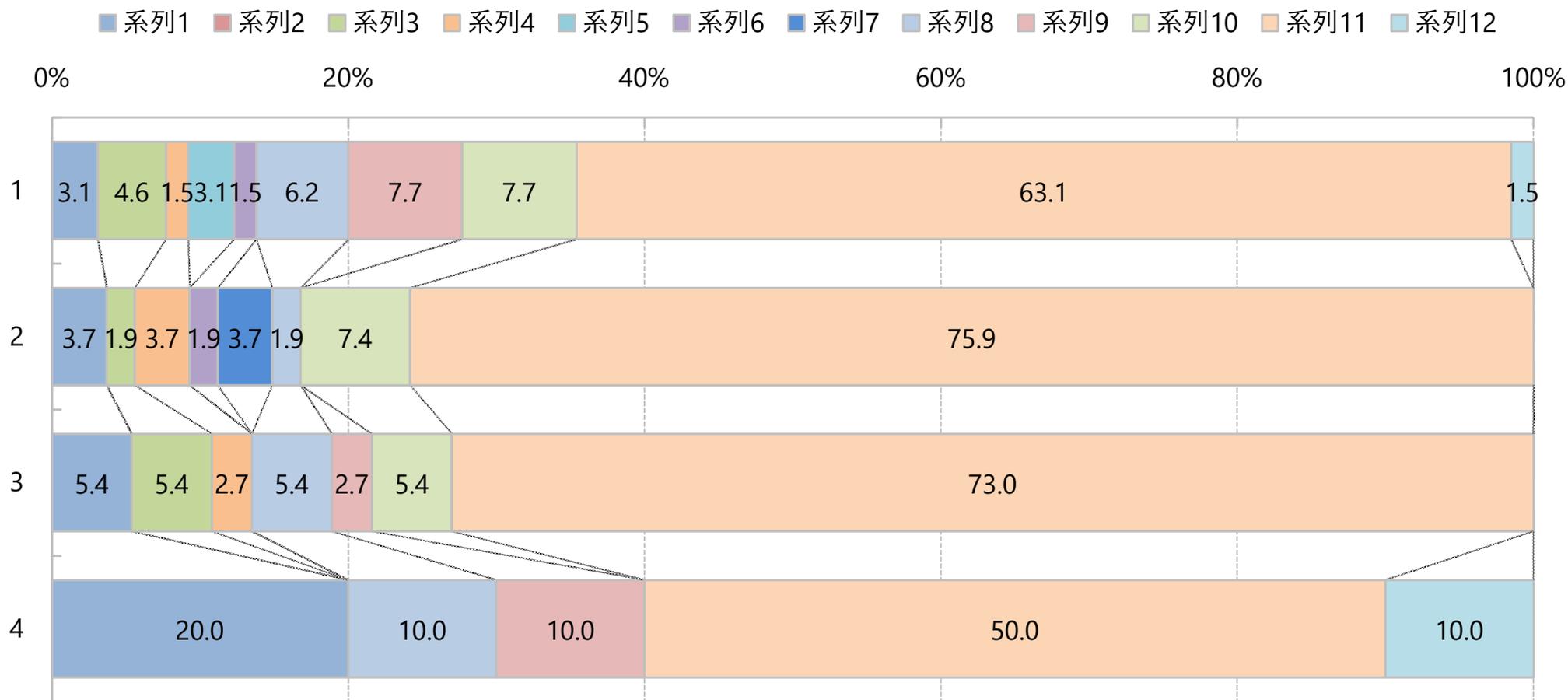


EVバスを導入するには初期投資が抑えられるリースも有効と考えられるが、6割～8割の事業者がリースを利用していないという結果であった

アンケート結果 | 購入・リース比率

[Q3] 現在保有されている車両について、それぞれ購入・車両リースの利用割合を教えてください。

(営業所単位、回答時点)

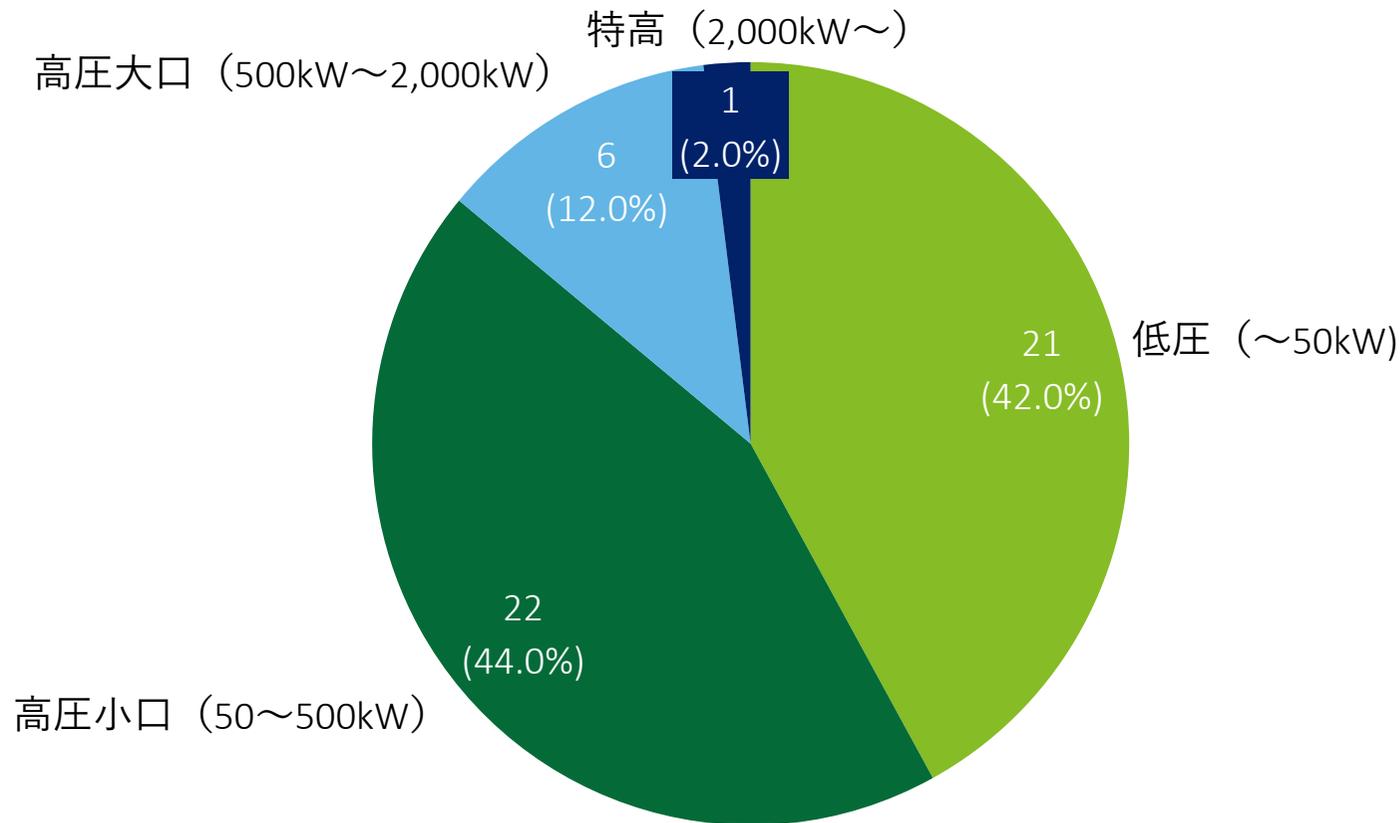


契約kWが低圧の42%の事業所においては、EVバスを導入した場合に契約電力の増強が必要となる可能性がある。58%の事業所は50kW以上であり、契約電力の増強要否はEVバスの車両数、充電スケジュールに依って来ると思料

アンケート結果 | 営業所の契約kW

[Q4] 営業所の契約kWを教えてください。

n=50



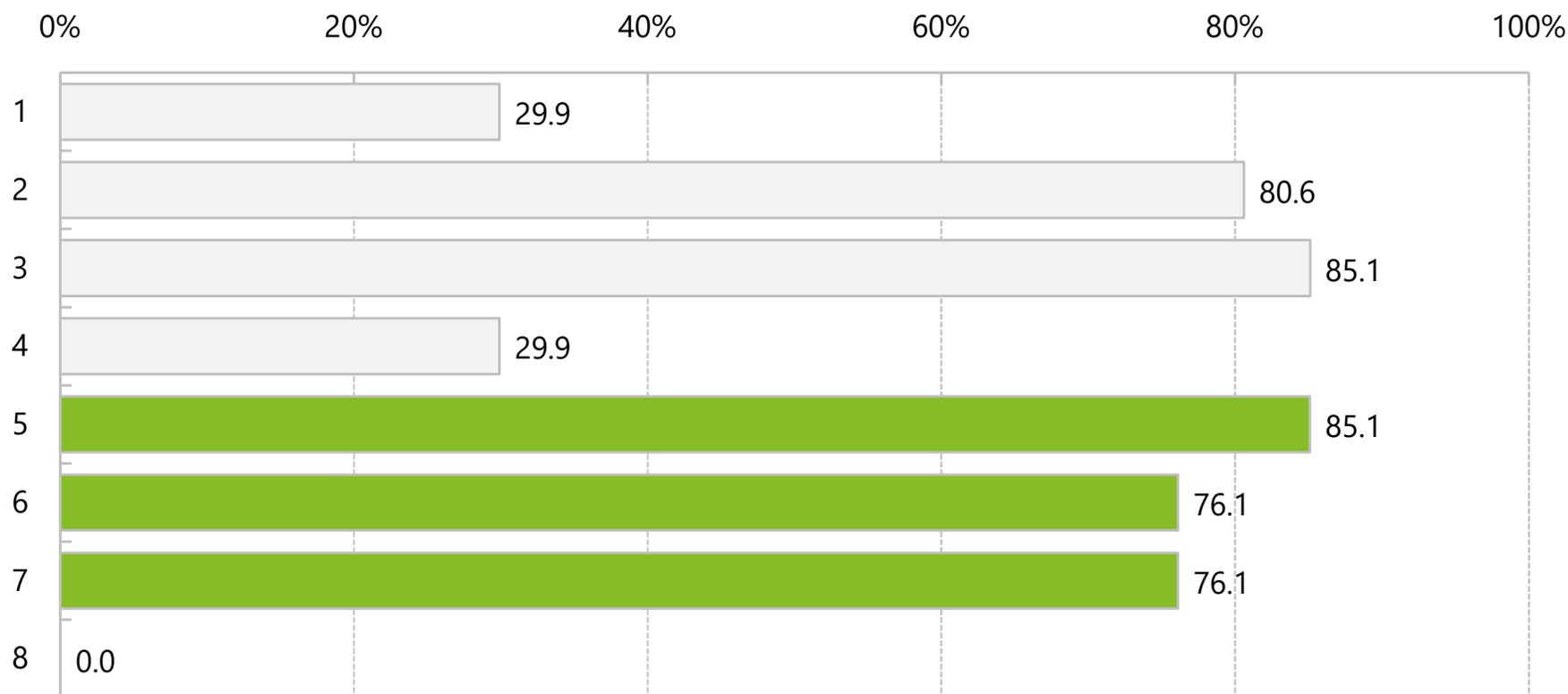
車両価格、耐久性、蓄電池劣化に対するネガティブなイメージを持たれている事業者が多い。ネガティブなイメージを払拭する車両要件が必要であるとともに、試用や実証を通じてEVバスへの理解を深めていく必要がある

アンケート結果 | EVバスに対するイメージ

[Q5] EVバスに対するイメージについて、該当する項目をすべて選択してください。

(複数回答)

(n=67)

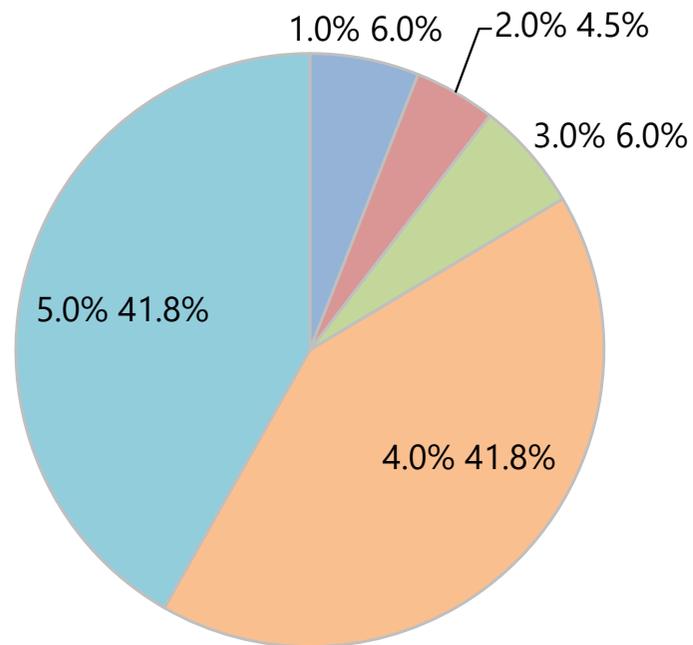


「EVバスの導入は検討していない」は41.8%であるが、「ラインナップがあれば購入を検討したい」も41.8%であり、関心は高い。まずはラインナップを揃えていくことが重要

アンケート結果 | EVバスに対するイメージ

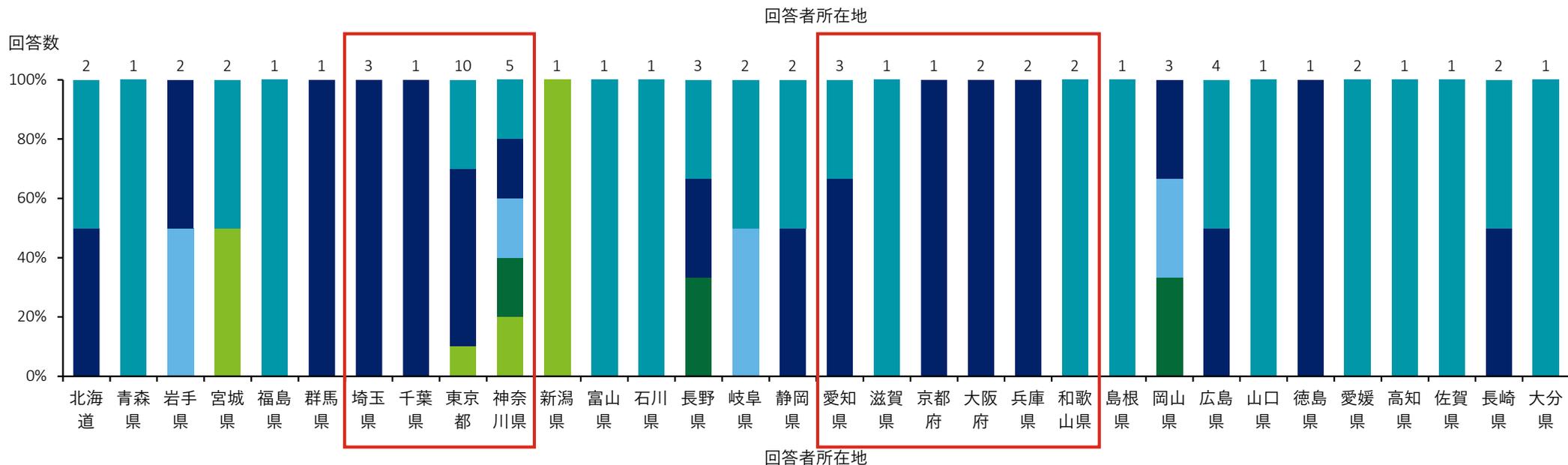
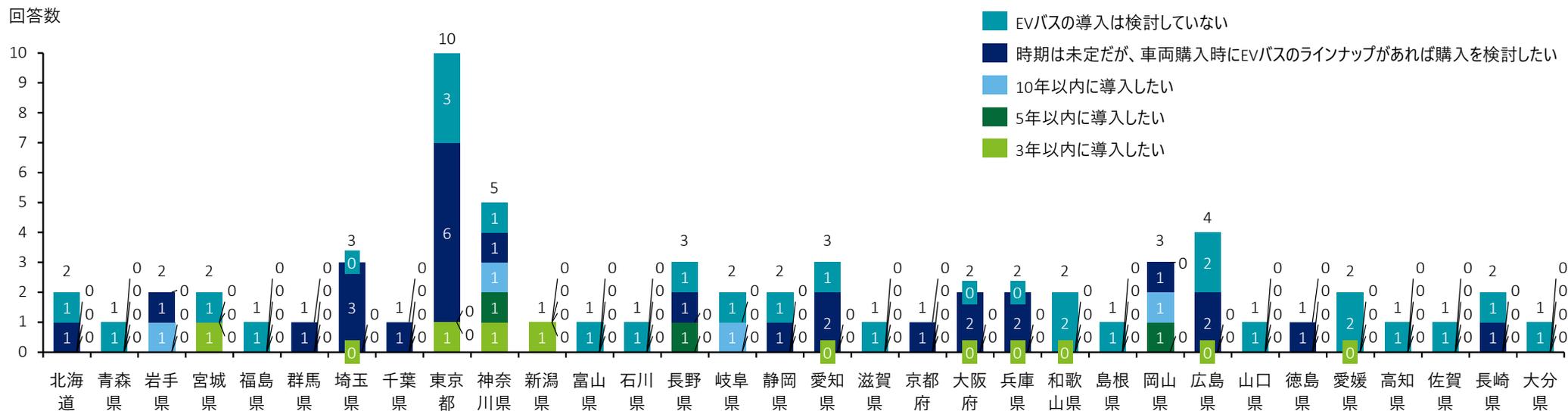
[Q6] EVバスの導入について、お考えに近いものを一つお選びください。（回答は一つ）

(n=67)



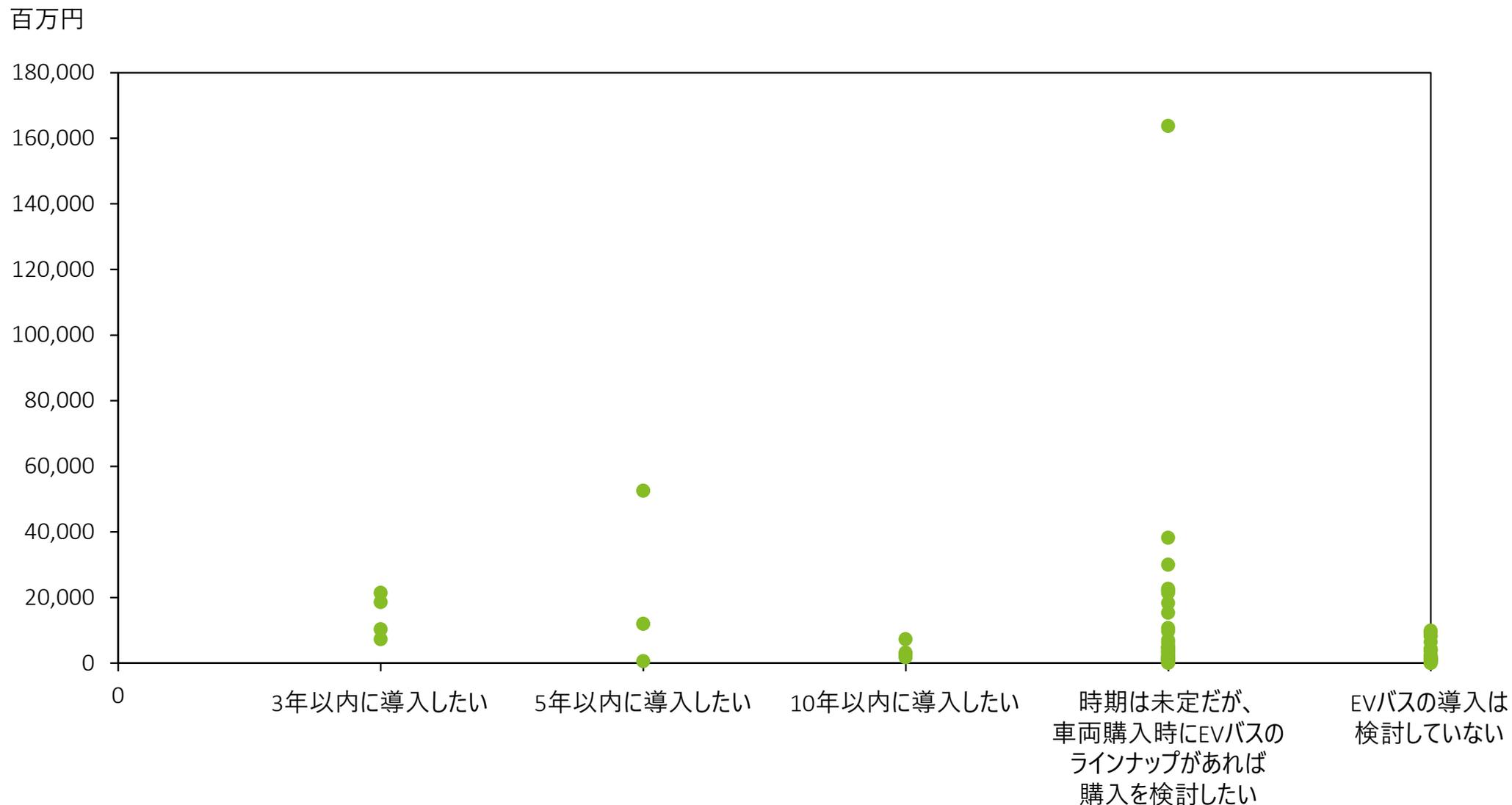
回答数が少ないため断定は出来ないが、都市バス事業者の方がEVバスに対する関心が高いか（地方バス事業者の方が導入を検討していない回答が多い傾向）

アンケート結果 | EVバスに対するイメージ（回答者所在地×EVバス導入意向）



EVバスの導入を検討していない事業者は売上規模が小さめだが、EVバスの導入意向については売上規模の多寡と目立った傾向がないか

アンケート結果 | EVバスに対するイメージ（売上規模×EVバス導入意向）



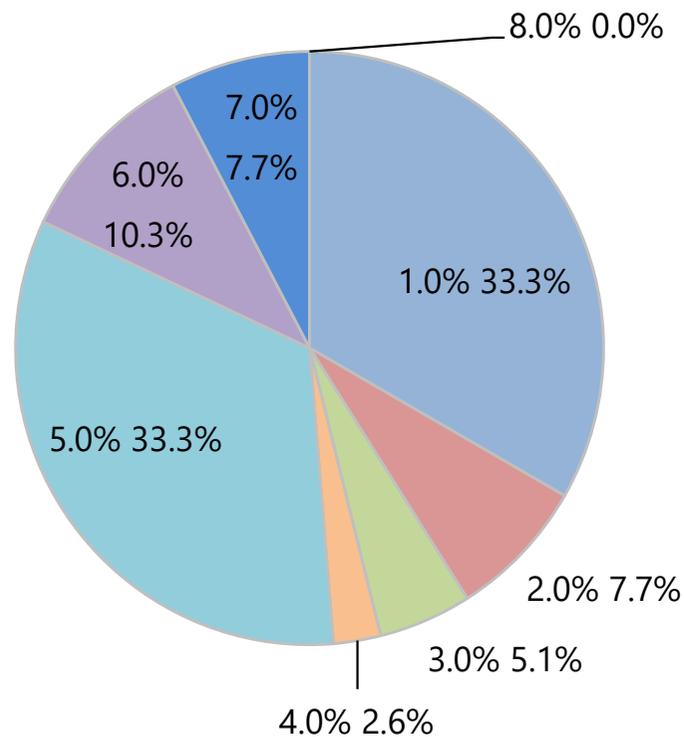
EVバスの価格が高いこと、及び日本製のEVバスがないことが導入に際し大きな懸念事項となっている

アンケート結果 | EVバスの導入に際し、気になる点や懸念事項

[Q7] EVバスの導入に際し特に気になる点や懸念事項について一つだけお選びください。（回答は一つ）

（Q6でEVバスの導入を検討している回答者のみ）

(n=39)



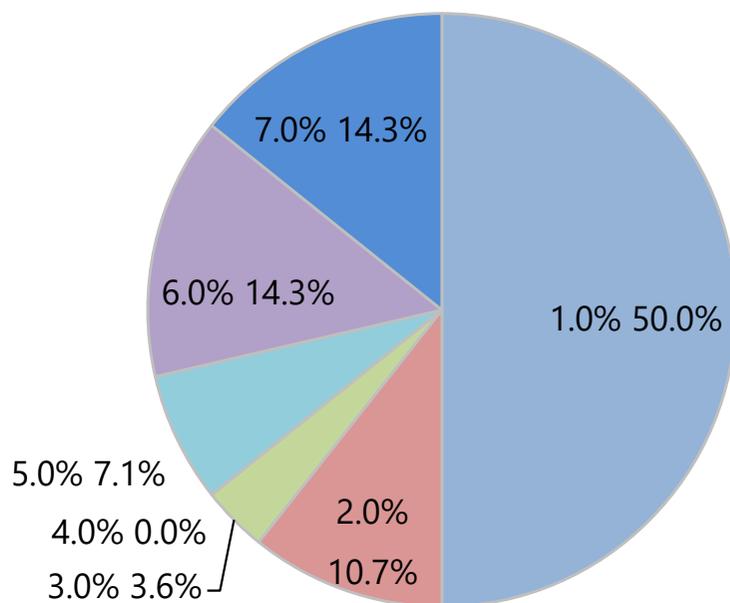
EVバスの導入を検討していない理由の50%は、価格が高いこと。耐久性、蓄電池劣化、予期せぬトラブルへの不安もEV導入の普及を阻害する要因となっている

アンケート結果 | EVバスの導入を検討していない理由

[Q8] Q6で「EVバスの導入は検討していない」と回答された方にお伺いします。

EVバスの導入を考えていない理由を一つ選んでください。（回答は一つ）

(n=28)

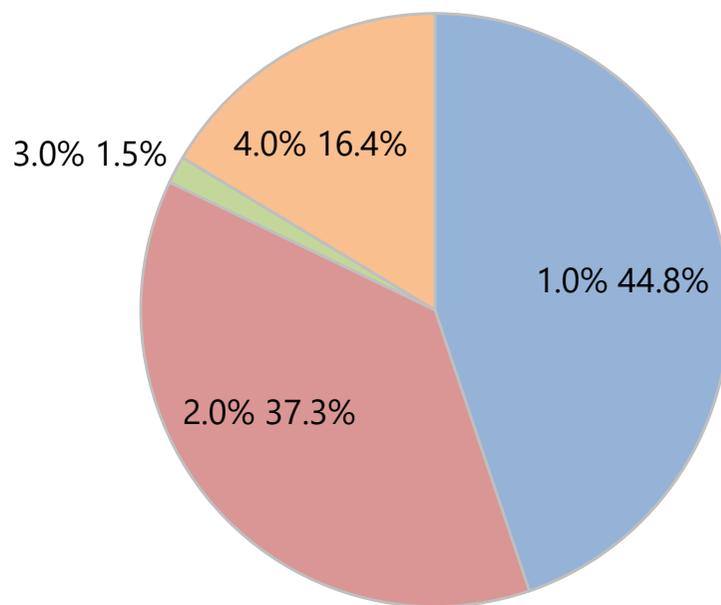


外部給電機能を付けるか否かについて、メーカーオプションとして事業者側の判断に任せられるように出来れば良い

アンケート結果 | 外部給電機能の要否

[Q9] 外部給電機能（災害時などに、EVバスから外部へ電気が供給できる機能）について、お考えに近いものはどれでしょうか。（回答は一つ）

(n=67)



電力販売機能に関する回答では、「EVバスには不要」、「分からない」の回答が増え、初期段階のEVには必ずしも必要ではない

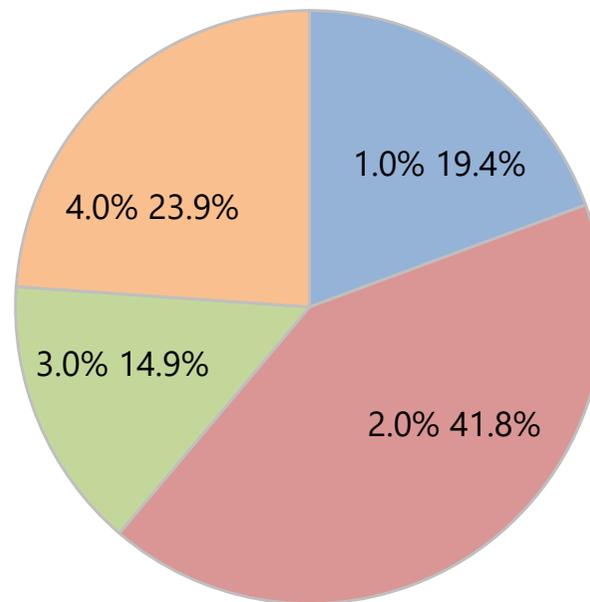
アンケート結果 | 電力販売機能の要否

[Q10] EVバスに搭載されている蓄電池を活用した電力販売機能（※）について、お考えに近いものはどれでしょうか。

（回答は一つ）

（※EVバスの蓄電池に貯められた電気を系統へ流し、販売することで電力販売収入を得ること）

(n=67)



航続距離を延ばすパンタグラフ方式、バッテリー交換式に対する一定の受容性が認められたが、「適した充電方法はない」、「分からない」も約半数の回答であった

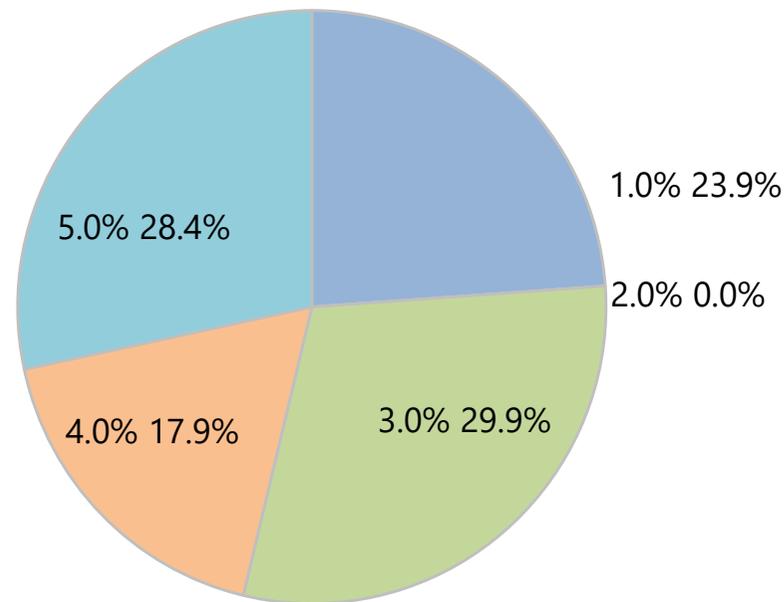
アンケート結果 | 路線バスの電動化に適していそうな充電方式

[Q11] 海外のEVバス導入事例では、車両価格の高さや航続距離の短さを解決するための方法として、多頻度充電方式（バス停での停車中や車庫での休憩中にこまめに充電すること）が採られている事例もございます。

以下のうち、「路線バスの運行に適しており、使えそうだ」、と考える充電方式を一つ選んでください。

但し、コストは現在のディーゼルバスを導入し保有する総保有コストを超えないものと仮定します。

(n=67)



路線バスの電動化に関する事業者コメントは以下の通り

アンケート結果 | 自由記述 (1/4)

#	コメント内容
1	路線バスの電動化は今後広がっていくと思います。静かで安全なバスを期待しています。
2	地方事業者の導入ハードルは非常に高いと思う。中古車はバッテリーの消耗度がどれくらいなのか。交換費用はどうなるのか。むしろ地方部では輸送力の観点でEVバス、というよりは通常のEV車の導入が進むのでは。コロナ禍でバスは利用者は減っている中で、コロナ前の発想で進めていくのは困難ではと思う。
3	環境負荷等の点からはバスのEV化は進めるべきと考えますが、大きくは6つの課題を乗り越える必要があります。即ち、①コロナ影響でバス会社の投資体力が大きく削がれたこと（EVかどうかに関わらず新車を買えない状態）、②日本製EVバスがないこと（海外製バスを購入して運用してきた経験は十分に保有していますが故障が非常に多く購入はやめた過去の経緯があります）、③現状ではバッテリー性能が足りないこと、④バッテリーマネジメントを最適化しようとする現状の車庫配置を見直す必要があること、⑤バッテリーの2次流通市場の形成が必要なこと、⑥バッテリーの劣化によりそれなりの頻度で入れ替えが必要になると車両維持費が上がること。デモ的にEVバスを導入するのであれば話は別ですが、本格導入となるとハードルが複数あると感じます。
4	今後は、環境への配慮など企業の社会的責任において導入を前向きに検討していく必要があると認識している。一方、仕組みは異なるも、ハイブリッドバスを導入し、バッテリーで苦勞（早期の寿命でバッテリーの交換）した経験があり、バッテリーの寿命などに心配がある。
5	長距離路線への対応が難しそう。各折り返し地点に充電設備を整えるにしても設備投資額がかかりそう。自治体との協力体制は不可欠であろう。
6	当社では、狭い車庫に車両の格納配置が縦4台ぐらい縦列しておく場所もあります。この様な場所での給電方法が問題と思われる。電気バスが普及した場合どのような方法があるのでしょうか？
7	地球温暖化のため、EVバスに関してはすごくいいことだと思えますが、EVバスよりはFCバス（水素バス）だと思えます。元になる燃料ですが、電気は製造課程で二酸化炭素等を発生させます（石炭など燃やす）。水素に関しては、水と酸素で出来上がるため、製造課程でも二酸化炭素を発生しません。バスを動かすのに、入口から出口まで、二酸化炭素等を発生させないと思われるので、理想的なバスと思っております。
8	車両単価が高くまたメンテナンスへの不安が大きい。環境負荷への低減に対してはメリットが大きいですが、運用における電気マネジメントが必要になったりと、人に対する新しい仕事（負荷）が大きくなると思われる。

路線バスの電動化に関する事業者コメントは以下の通り

アンケート結果 | 自由記述 (2/4)

#	コメント内容
9	航続距離（特にエアコン使用時）150km～250km、現状の充電形態では、導入台数が限られる。導入台数を増やすのであれば非接触充電が必要になると思います。
10	既存車両の車齢が高く、車両更新に毎年苦慮している。自治体支援含めた購入資金の確保が大前提です。
11	EVバスの普及には車両価格の廉価化と耐久性の向上が必須だと思います。
12	今後、昼行の中距離バス（空港連絡バス）も想定した車両の開発についても期待いたします。 また可能な限り、車両仕様の標準化を促進し、事業者が負担する導入費用や運行に必要な費用、また車両整備にかかる費用等が低廉となるようお願いいたします。
13	路線バスの電動化はEVバス以外にもFCバスを想定している
14	車両に対するだけでなく、設備に対する支援も整わなければ導入は困難である。
15	本格導入までに試験導入して種々経験したい。 EVバス導入に向けて、収益力向上を実現すべく、運賃自由化等、収益向上実現のための制度改正、規制撤廃が必要。
16	・導入に際し、手厚い支援制度が不可欠。 ・劣化したバッテリーの買取制度が必要（都市の停電等、補助電源として活用するなど再利用の仕組みの構築が不可欠）。
17	路線バスのクリーンエネルギー化を図る際、FCバスとEVバスが候補となりますが、FCバスは現時点に於いて、バス対応の水素ステーションが少なく、立地も営業所から遠方になる為、営業所で給油可能な軽油と比較し、経費が高んでしまうデメリットがあります。EVバスであれば、FCバスと比べて営業所での充填環境を整備し易い印象をもっておりますので、電動化に向け、充填環境の整備に関するサポートをいただければと思っております。 また、燃料を軽油一辺倒に頼っている現状では、震災など有事発生時に燃料不足となり、運行不能となったこともありましたので、そういったリスク回避の観点や、ESGを求められる世界的潮流、自動運転システムとの相性の観点からも、将来的に電動化への対応を進めていく必要性を認識しております。 その中で、EVバスの生産は中国が高いシェア率を誇っていますが、海外製の車両は国産車より、導入後のサポートに難があるところがありますので、国産のEVバス生産が活発化してくると、路線バス事業者としてEVバス導入に繋がりがやすいと感じております。

路線バスの電動化に関する事業者コメントは以下の通り

アンケート結果 | 自由記述 (3/4)

#	コメント内容
18	運賃収入に対して投資が見合うことが条件
19	代替は距離より年数を基本としており、12年を目安としています。回答内容については主に平均値で回答しております。現在所有する小型EVバスが導入から9年経過するため、既存車の運行実績や技術的な要件、メーカーの対応を踏まえて代替車両の検討を行っています。企業イメージも視野に検討しますが、経営上の観点からは、 イニシャルコストと廃車までのランニングコストがディーゼル車を下回ることが、導入の前提方針 となります。また、運転操作性の違いについても考慮する必要があります。その他、Q24はディーゼル車のコストを超えないという前提に沿って回答しましたが、EVバスの普及には、 ディーゼル車と同等の航続距離を確保（長距離走行・低頻度充電）するとともに、バッテリーやパワートレインシステムの高寿命化、小型・軽量化が望ましく、充電時間の短縮や複数台の同時充電といったインフラの構築が必要 となります。 電動車特有のバッテリー等は故障すると修理費用が高額になるおそれがあり、その費用負担に関する保証制度の確立も継続性という面では欠かせず、自家整備が困難な際のメーカーの迅速な対応等、導入後のメンテナンス体制の構築も必要 であると考えます
20	走行時のバッテリー充電は、運行上の問題や別途設備等の費用発生が考えられるので現実的ではない。
21	排気ガス等の環境問題に対して、路線バスの電動化は有効な手段であると思われるが、従来の車両と比較し、 価格や耐久性にどの程度差があるのか、情報が少ない。
22	劣化しても1日250kmの走行が可能な蓄電池、交換蓄電池のコスト低下、もしくは車両寿命の中で交換が必要ないと思われる全個体電池の現実的なコストでの実用化が進まなければ、導入に踏み切れないと思います。 全車両置き換えていくとなると、車両本体に加え、給電設備にかかる費用が莫大になると思われ、 中小事業者の経営体力では早期の導入は難しい と考えています。
23	<ul style="list-style-type: none"> ・充電設備に伴うコストの増加が懸念される ・走行可能距離によっては現行の交番数では対応できず、人員・車両を増やさなければならない ・寒冷地における車内暖房等への対応が可能か疑問
24	充電時間や充電場所の確保などの問題と 蓄電池の耐用年数に不安 があります。

路線バスの電動化に関する事業者コメントは以下の通り

アンケート結果 | 自由記述 (4/4)

#	コメント内容
25	環境に優しいEV/FCバスは導入しなければならないが、車両価格等が高額であり導入が難しいため、ハイブリッドバス以上の公的補助金をお願いしたい。他に充電ステーションのインフラ整備が必要となる。 さらに、連続運転距離の問題や、故障時の問題、取扱教育、EVバスに至っては事故発生時の感電防止対策（お客様や運転士含め）、トータルでの対応について必要となるので、この点についても手厚いご支援をお願いしたい。
26	EVバスのような低公害車両は尾瀬等の自然豊かな観光地だけでなく、都市部の輸送についても環境対策として将来的に導入を検討するべきと考えますが、現状では車両は充電施設等インフラへの設備投資が高額であることがネックです。これを進めるためには相応の公的補助をお願いしたいと考えます。
27	EVバスについては、分かってないことばかりで申し訳ございません。 コロナ禍で車両購入は大変厳しい状況にありますが、アフターコロナに向けた施策も前向きに検討していきたいと考えております。
28	車両のことだけでなく、充電・チャージングシステムなどの費用が不安。

1. 市場要件の整理

② バスの市場要件の整理

(1) 市場概観

(2) バスアンケート結果

(3) 車両コスト除き総保有コスト試算

(4) 普及シナリオとCO2削減効果

アンケートでは車両価格の高さを指摘する声が多かったが、EVバスに許容される車両コストの増加幅はどれくらいか、車両コストを除く総保有コストの差から試算を実施

車両コスト除き総保有コスト試算の諸前提

項目	大型バス		中型バス		小型バス		備考		
	ディーゼル車	EV	ディーゼル車	EV	ディーゼル車	EV			
車両	想定車両	AERO STAR	K9	ERGAmio	K7RA	ポンチョ	J6	-	
	車両総重量	15t	20t	11t	13.5t	8t	不明	-	
	燃費・電費	2.7km/L	0.8km/kWh	3.6km/L	0.9km/kWh	3.9km/L	1.9km/kWh	電費：航続距離÷電池容量	
	蓄電池容量	-	324kWh	-	217kWh	-	105kWh	-	
	航続距離	-	250km	-	220km	-	200km	-	
初期費用	車両価格	2,800万円	6,500万円	2,200万円	5,000万円	1,800万円	2,100万円	-	
	買い替え時のkm	79万km		77万km		73万km		アンケート結果	
	充電器	普通	-	20万円	-	20万円	-	20万円	急速充電器設置費用は3台で共有する前提
		急速	本体	-	300万円	-	300万円	300万円	
工事費	-		350万円	-	350万円	-	350万円		
ランニングコスト	燃料費	110円/L	-	110円/L	-	110円/L	-	-	
	電気料金	基本料金	-	1,293円/kW	-	1,293円/kW	-	1,293円/kW	東京電力高圧電力A
		従量料金	-	16.81円/kWh	-	16.81円/kWh	-	16.81円/kWh	-
	メンテナンス	150万円	不明	100万円	不明	70万円	不明	アンケート結果	
	稼働	6日/週		6日/週		5日/週		アンケート結果	
	走行距離(km/日)	141km		127km		115km		アンケート結果	

出所：三菱自動車工業株式会社HP、いすゞ自動車株式会社HP、日野自動車株式会社HP、ビーワイディー・ジャパン株式会社HP、東京電力エナジーパートナー株式会社HP、有識者ヒアリングをもとに設定

EVバスのランニングコストの最小化には、いかに電力関係コスト（急速充電器、電力基本料金）を薄めるかが肝。EVバス3台で負担する場合の、初期コストで許容される増加幅は大型で814万円、中型で359万円、小型で572万円

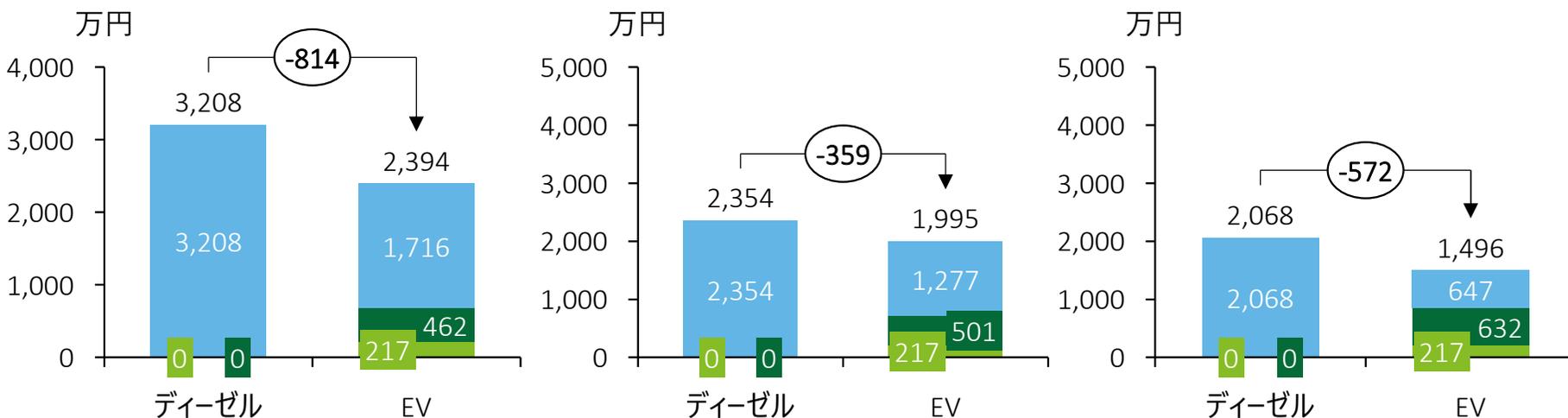
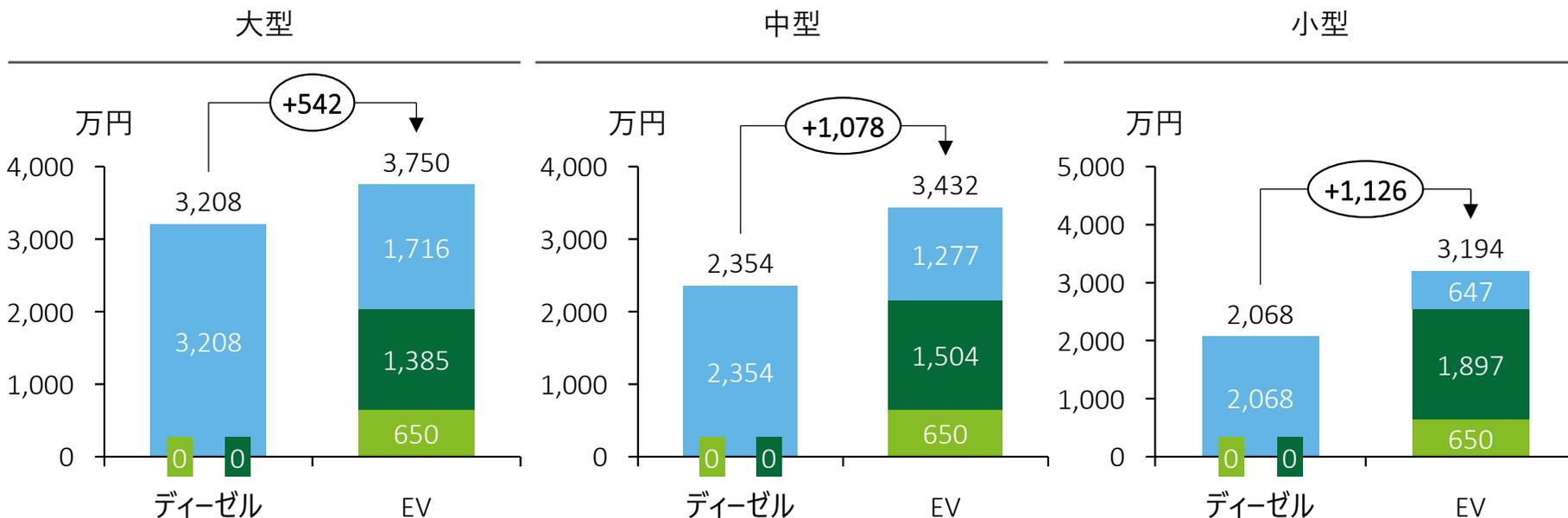
ランニングコスト比較

■ 燃料費/電気代 ■ 電気代基本料金 ■ 充電設備初期コスト

急速充電器
電力基本料金

1台で負担

3台で負担



74 ※メンテナンス費：EVのメンテナンス費は不確定要素が大きく、試算からは除外している。バッテリーの交換などが必要な場合はコストの増加要因となる

1. 市場要件の整理

② バスの市場要件の整理

(1) 市場概観

(2) バスアンケート結果

(3) 車両コスト除き総保有コスト試算

(4) 普及シナリオとCO2削減効果

大型バス、中型バスの電動化に際し、クリティカルな要件としては価格と耐久性がクリアされておらず、日本製の量産型EVバスが存在しないこと

市場要件の整理と現行車両の充足度

	市場要件の整理			現行車両の充足度		
	大型バス	中型バス	小型バス	大型バス	中型バス	小型バス
許容可能な車両価格差	+814万円 (ディーゼル+30%)	+359万円 (ディーゼル+16%)	+572万円 (ディーゼル+30%)	× +3,700万円 (BYD K9)	× +2,800万円 (BYD K7)	○ +300万円 (BYD J6)
充電1回あたり航続距離	初期導入時は 150km	初期導入時は 150km	初期導入時は 150km	○ 航続距離 250km	○ 航続距離 220km	○ 航続距離 200km
耐久性	ディーゼルと同等	ディーゼルと同等	ディーゼルと同等	不明	不明	不明
外部給電機能	オプション	オプション	オプション	× なし	× なし	○ あり
充電可能時間	昼間：～3時間 夜間：～10時間	昼間：～4時間 夜間：～10時間	昼間：～3時間 夜間：～10時間	○ 急速充電で6時間	○ 急速充電で4時間	○ 急速充電で2時間
充電方法	急速充電	急速充電	急速充電	○	○	○
OEMメーカー	日本製量産EVバス	日本製量産EVバス	日本製量産EVバス	×	×	×

現行のオペレーションが少なくとも変更なく維持され、かつオペレーションコストが下がるような世界観を提供できないとEVバスの導入は困難であるため、下記の普及課題を解決していく取り組みが必要となる

普及課題と取り組み方向性

普及課題	取り組み方向性	優先度	取り組み主体		
			政府・政策	メーカー	ユーザー
① 価格	<ul style="list-style-type: none"> 現行リチウムイオンバッテリーの継続的イノベーション 全固体電池、次世代蓄電池の開発 	高	○ 開発サポート	◎	—
② 航続距離	<ul style="list-style-type: none"> 昼間に車庫で待機している時間を充電時間に充てることで1日の航続距離の伸長が可能 運行スケジュールと充電マネジメントを上手く組むことで、必要以上の蓄電池を搭載する必要がなくなり、車両コストも抑えられる可能性がある まずは自社のオペレーションを詳細に把握する必要 	高	—	○	◎
③ 耐久性への不安	<ul style="list-style-type: none"> バッテリーの劣化、トラブル時のメンテナンスなど、未経験が故の不安が大きいため、実証や実証結果の水平展開によりバス事業者のEVに対する理解度を高めていく必要がある 	中	—	◎	◎
④ 国産EVバス	<ul style="list-style-type: none"> 中国製バスが日本でも浸透しつつあるが、バス事業者の多くは日本製バスを志向するため、日系OEMへの働きかけが欠かせない トラブルへの迅速な対応体制も構築する必要あり 	中	○	◎	◎

2025年以降、2030年まで新車販売台数の1割がEVと仮定した場合、2030年までのEV導入台数は1,560台となり、その時のCO2削減効果は9.08%となる

バス | 普及シナリオとCO2削減効果 (2030年時点)



$$\begin{array}{ccccccc}
 \text{①} & & \text{②} & & \text{③} & & \text{④} \\
 \text{年間平均走行距離} & \div & \text{燃費 or 電費} & \times & \text{CO2排出係数} & \times & \text{台数} \\
 \text{(km/年)} & & \text{(km/L) or} & & \text{(kg-CO2/L) or} & & \\
 & & \text{(km/kWh)} & & \text{(kg-CO2/kWh)} & & \\
 & & & & & & \text{年間排出CO2量} \\
 & & & & & & \text{(t-CO2/年)}
 \end{array}$$

Diesel									
その他	28,157	÷	10	×	2.619	×	6,040	=	44,541
小型	28,157	÷	3.9	×	2.619	×	7,852	=	148,470
中型	35,979	÷	3.6	×	2.619	×	14,496	=	379,424
大型	46,303	÷	2.7	×	2.619	×	32,013	=	1,437,825
合計							60,401		2,010,260
EV									
その他	28,157	÷	6.5	×	2.619	×	126	=	1,428
小型	28,157	÷	1.9	×	2.619	×	164	=	6,349
中型	35,979	÷	0.9	×	2.619	×	381	=	39,939
大型	46,303	÷	0.8	×	2.619	×	889	=	134,796
合計							1,560		182,512
									9.08%

※EVトラックの走行時CO2排出量がゼロとなる前提で試算

2. EV/FCバス・トラックの普及促進に向けた パワーtrain技術動向等の整理

① 蓄電池関連技術動向

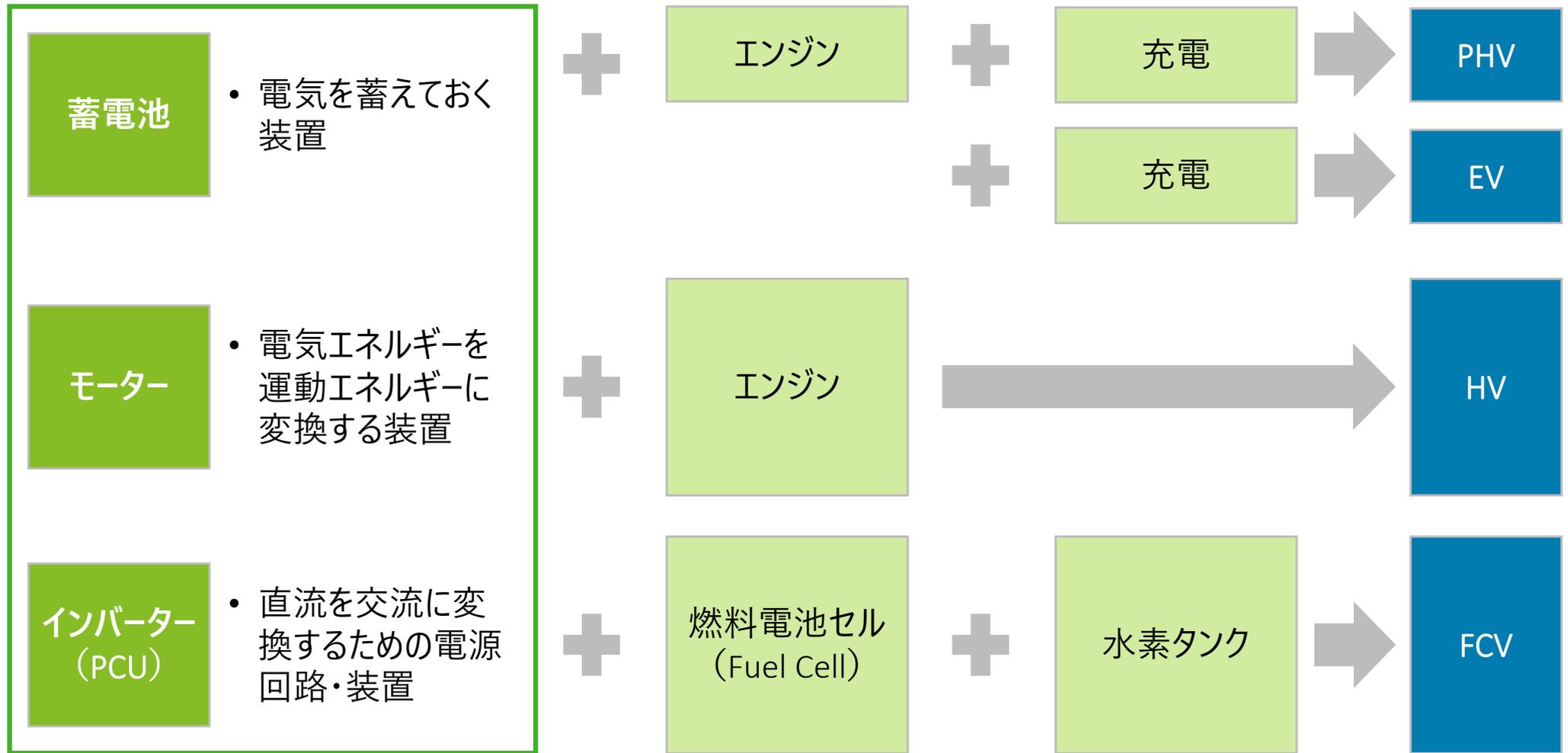
(1) 蓄電池

(2) モーター

(3) インバーター

電動化とはモーター駆動を意味し、蓄電池、モーター、インバーター（PCU：パワーコントロールユニット）が電動化のコア技術である

電動化のコア技術



出所：トヨタ自動車プレゼンテーション資料より作成

価格、寿命、安全性、エネルギー密度が総合的に判断され、車両サイズや用途に適した種類のリチウムイオンバッテリー（LIB）が使用されている。現在の主流はリン酸鉄系、NMC系、NCA系となる

現行LIB | 種類と特徴

蓄電池
モーター
インバーター

	コバルト系	リン酸鉄系	マンガン系	三元系（NMC系）	NCA系	チタン酸系	
正極材	コバルト酸リチウム (LiCoO ₂)	リン酸鉄リチウム (LiFePO ₄)	マンガン酸リチウム (LiMn ₂ O ₄)	三元系リチウム (LiNixMnyCozO ₂)	ニッケル酸リチウム (LiNixCoyAlzO ₂)	マンガン酸リチウム (LiMn ₂ O ₄)	
負極材	黒鉛 (LiC ₆)					チタン酸リチウム (Li ₄ Ti ₅ O ₁₂)	
セパレータ	ポリオレフィン（ポリエチレン（PE）、ポリプロピレン（PP）等）						
電解液	リチウム塩 + エチレンカーボネート、プロピレンカーボネート、ジメチルカーボネート、ジエチルカーボネート、エチルメチルカーボネート						
電圧	3.6-3.7V	3.2-3.3V	3.7-3.8V	3.6-3.7V	3.6V	2.4V	
価格	高価	安価	安価	高価	高価	高価	
エネルギー密度	150-240 Wh/kg	90-120 Wh/kg	100-150 Wh/kg	150-220 Wh/kg	200-260 Wh/kg	70-80 Wh/kg	
速度	充電	0.7-1 C	1 C	0.7-3 C	0.7-1 C	0.7 C	1-5 C
	放電	1 C	1-25 C	1-10 C	1-2 C	1 C	10-30 C
寿命	500-1,000回	1,000-2,000回	300-700回	1,000-2,000回	500回	3,000-7,000回	
EVへの適用	△ 熱暴走リスク高	○ エネルギー密度小	△ 寿命短 エネルギー密度小	○ エネルギー密度高 寿命長	△ エネルギー密度高	△ 高価 エネルギー密度小	
採用例	—	テスラ、BYD	日産（初期EV）	日産	トヨタPHV、テスラ	日野（小型バス）	

*速度（Cレート）：充電及び放電のスピードのこと。定電流充放電測定の場合、電池の理論容量を1時間で完全充電（または放電）させる電流の大きさのことを指す。

出所：各社HP等より作成

EV車の本格普及を迎え、電池供給量の不足が顕在化。各OEMとも必要量の電池調達に躍起となり、大手電池メーカーからの調達集中が目立つ。世界的にLIBメーカーが整理淘汰される傾向にある

現行LIB | 主要LIBメーカーと納入先OEMマトリクス（主要メーカー）

	蓄電池										
	モーター インバーター										
	CATL	BYD	Panasonic	LG Chem	エンビジョン AESC	TOSHIBA	ピークル エナジー	Accu motive	Farasis Energy	ブルー エナジー	Samsung SDI
TOYOTA	●	●	○						○	○	
ルノー・日産 - 三菱			○		○	○	○				
HONDA	●		○	○ GM経由						○	
マツダ						○					
スズキ						○	○				
日野						○					
三菱ふそう トラック・バス								○			
NIO	○										
BYD		○									
BMW	○										○
Tesla	○		○	○							
Daimler				○				○	○●		

注：●印は戦略的協力契約（他社製造のOEM車は除いている）、○印は納入先OEM/供給サプライヤー
出所：Marklines 分析レポート「リチウムイオン電池」

リーフの車両重量を車格（全長、全幅、全高）が同等の車種（カローラツーリング）と比較すると、340kg程度リーフの方が重く、1kWhあたりのバッテリー重量は7.1-7.6kg/kWh、1kWh当たり4,329円の差となる

現行LIB | バッテリー搭載量と車両重量（乗用車）

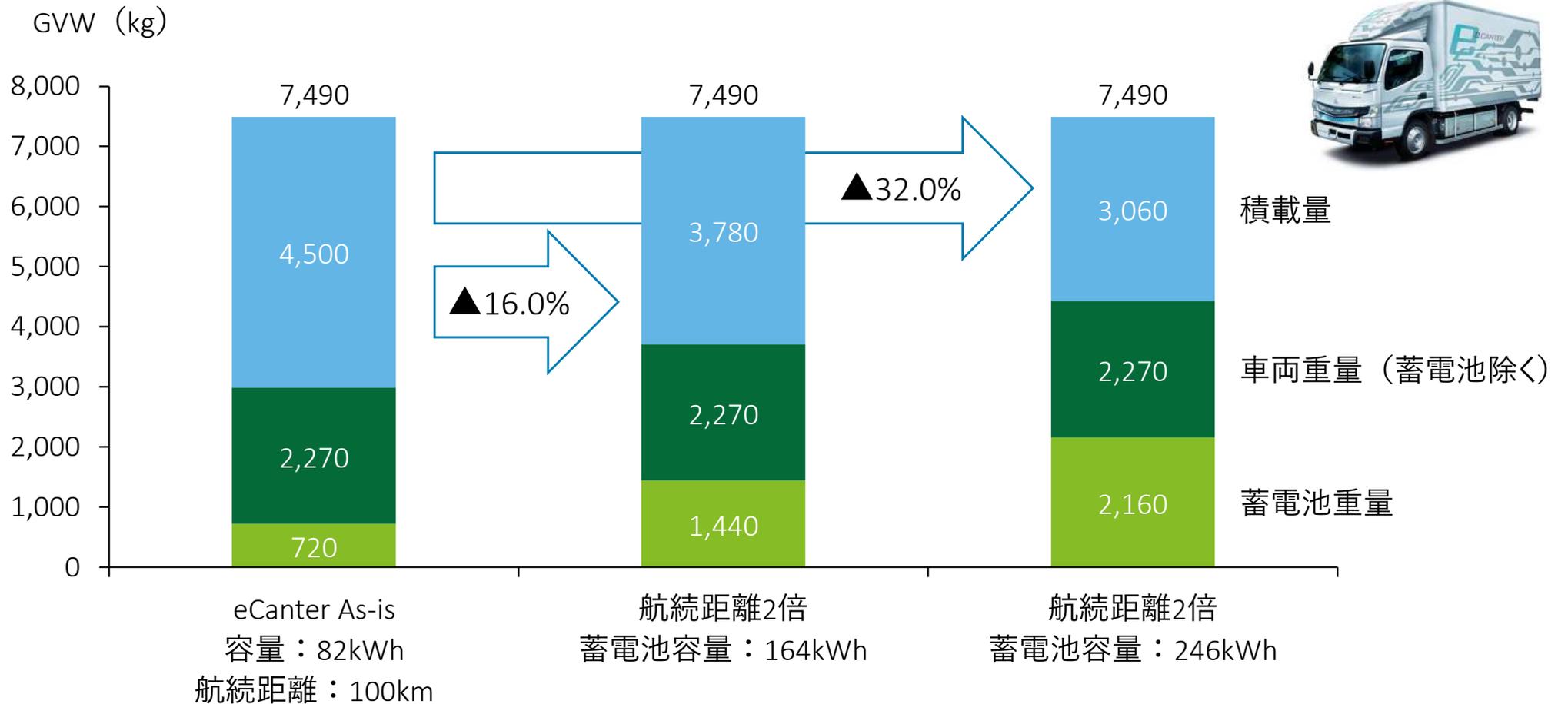
蓄電池
モーター
インバーター

	日産 リーフ (X, e+X)		トヨタ カローラツーリング
概観			
全長×全幅×全高	L4,480×W1,790×H1,565		L4,495×W1,745×H1,460
乗車定員	5名		5名
バッテリー容量	40kWh	62kWh	—
バッテリーパック重量	303.0kg	439.7kg	—
車両重量	1,510kg	1,670kg	1,330kg
車両総重量	1,785kg	1,945kg	1,605kg
航続距離	322km (WLTCモード)	458km (WLTCモード)	730km タンク容量 50L、燃費14.6km/L (WLTCモード)
充電時間	40分	60分	—
メーカー希望小売価格	3,819,200円～	4,411,000円～	2,365,000円～

出所：日産自動車株式会社HP、トヨタ自動車株式会社HP

現行EVトラックを例に試算してみると、現行LIBでは、航続距離の伸長と積載量の確保はトレードオフ。航続距離2倍、3倍とした時の積載量減少率はそれぞれ▲16%、▲32%

現行LIB | バッテリー搭載量と車両重量 (トラック)



【諸前提】

※GVW、車両重量：蓄電池容量に関わらず一定

※As-is：蓄電池重量はセル1個当たり11kWhで120kgであり、eCanterは6個搭載しており720kg

出所：三菱ふそうトラック・バス株式会社HP、CarWatch「三菱ふそうの電動トラック「eCanter」をセブン-イレブンとヤマト運輸に導入」(2017年10月20日)

小型EVバスで比較した場合、EVバスの方が車両重量が400kg前後重く、その分乗車定員が少ない（55kg/人で乗車定員は計算されている）

現行LIB | バッテリー搭載量と車両重量（バス）

蓄電池
モーター
インバーター

	BYD J6	日野ポンチョロング
概観		
全長×全幅×全高	6,990×2,080×3,060	6,990×2,080×3,100
乗車定員	29人または31人	36人（都市型）
車両重量	6,200～6,300kg	5,860kg
車両総重量	7,895～7,905kg（推定）	7,840kg
航続距離	150km	—
バッテリー容量	105.6kWh	100L（燃料タンク）
バッテリー種類	リン酸鉄リチウムイオン	—
充電出力	40kW（AC）/CHAdeMO	—
充電時間	3時間未満	—

出所：ビーワイディージャパン株式会社HP、日野自動車株式会社HP

EV用蓄電池については、LIBセル及びパック・システムに関する試験法や、安全要件等の国際標準化が進められている

現行LIB | 蓄電池に関する国際規格

蓄電池
モーター
インバーター

国際規格	
ISO	<ul style="list-style-type: none"> ■ 機関名：International Organization for Standardization ■ 加盟国数：162カ国（発足時18） ■ 規格数：21,991規格 ■ 成立年：1947年 ■ 本部（設立場所）：ジュネーヴ（ロンドン） ■ 特徴：IECの対象となる分野を除く全分野における国際標準化活動を展開している。原則として年1回の総会を行う
IEC	<ul style="list-style-type: none"> ■ 機関名：International Electrotechnical Commission ■ 加盟国数：84カ国（発足時13） ■ 規格数：7,537規格 ■ 成立年：1906年 ■ 本部（設立場所）：ジュネーヴ（ロンドン） ■ 特徴：電気及び電子の技術分野における標準化及び規格適合性評価のような関連事項に関する国際協力を促進する。少なくとも年1回の総会での投票で意思決定（一国一票）
ITU	<ul style="list-style-type: none"> ■ 機関名：International Telecommunication Union ■ 加盟国数：193カ国（発足時20） ■ 規格数：4,300規格 ■ 成立年：1932年 ■ 本部（設立場所）：ジュネーヴ（パリ） ■ 特徴：万国電信連合が前身となる機関。目的は電気通信の改善と合理的利用のため国際協力を増進し、さらなる発展の促進すること。4年ごとの全権委員会議により意思決定され、標準化化、開発、無線部門の3事務局で構成されている。

車載蓄電池に関する主な規格*

現状

日本提案	<ul style="list-style-type: none"> • IEC 62660-1 EV用リチウムイオン二次電池（セル）の性能試験 	<ul style="list-style-type: none"> • Ed. 1: 2010-12発行 • Ed. 2: 発行準備中
	<ul style="list-style-type: none"> • IEC 62660-2 EV用リチウムイオン二次電池（セル）の信頼性・誤用試験 	<ul style="list-style-type: none"> • Ed. 1: 2010-12発行 • Ed. 2: 発行準備中
	<ul style="list-style-type: none"> • IEC 62660-3 EV用リチウムイオン二次電池（セル）の安全要件 • IEC/TR 62660-4 IEC 62660-3 内部短絡試験の代替試験法候補 	<ul style="list-style-type: none"> • Ed. 1: 2016-08発行 • Ed. 1: 2017-02発行
	<ul style="list-style-type: none"> • IEC 61982-4 EV用ニッケル水素セル・モジュールの安全要件 	<ul style="list-style-type: none"> • Ed. 1: 2015-10発行
ドイツ提案	<ul style="list-style-type: none"> • IEC 62576 HEV用電気二重層キャパシタの電気的性能の試験方法 	<ul style="list-style-type: none"> • Ed. 1: 2009-08発行 • Ed. 2: 2018-02発行
	<ul style="list-style-type: none"> • ISO 12405-3 EV用LIBパック・システム試験仕様-安全性能要件 	<ul style="list-style-type: none"> • Ed. 1: 2014-05発行
	<ul style="list-style-type: none"> • ISO 12405-4 EV用LIBパック・システム試験仕様-性能試験 	<ul style="list-style-type: none"> • Ed. 1: 2018-07発行
	<ul style="list-style-type: none"> • ISO 6469-1 EV安全仕様-RESS Amd. 1（熱連鎖安全管理） 	<ul style="list-style-type: none"> • Ed. 3: FDIS準備中 • Amd. 1: WD
	<ul style="list-style-type: none"> • ISO 19453-6 EV用駆動電池パック/システム環境試験 • ISO/IEC PAS 16898（日本・ドイツ共同提案） EV用リチウムイオンセルの寸法と記号表示 	<ul style="list-style-type: none"> • Ed. 1: CD • PAS: 2012-12発行

*他にはIEC 61982 EV用二次電池（LIBを除く）の性能・持久力試験（ED. 1: 2012-4発行）等がある

出所：日本工業標準化調査会 国際標準化（ISO/IEC）・地域標準化活動、日本自動車研究所「電動車両用電池・充電に関する国際標準化の動向」(2019)

蓄電池の劣化は充放電回数に影響を受けるため、急速充電での継ぎ足し運用により走行距離の伸長を図る場合、蓄電池劣化を早める。使用環境次第では、蓄電池の劣化進行は更に早まる

現行LIB | 蓄電池の性能劣化

蓄電池
モーター
インバーター

蓄電池劣化を引き起こす要因

サイクル数	<ul style="list-style-type: none"> 充放電を繰り返すと劣化する 	寿命に直結
充電時の電圧	<ul style="list-style-type: none"> 高電圧での充電により電池内部で構造破壊が起こり、劣化する 	
充電時の熱	<ul style="list-style-type: none"> 高温下での充放電により劣化しやすくなる 	使用環境次第で劣化度合が変わる
電池残量	<ul style="list-style-type: none"> 一般的な残容量範囲外での使用は劣化を招く（リチウムイオン電池の場合は凡そ10~80%） 	
その他	<ul style="list-style-type: none"> 蓄電池の設計時の想定用途外での使用は劣化を招く（瞬間的に大容量を取り出す/長寿命仕様等） 	

サイクル数上限（蓄電池種類別）

種類	コンパクト化エネルギー密度 (Wh/kg)	一般的な寿命 (サイクル数)	用途
鉛	× 35Wh/kg	17年 3,150回	車の始動用バッテリー、バッテリー駆動のフォークリフトの電源等
ニッケル水素	△ 60Wh/kg	5~7年 2,000回	鉄道システムの地上蓄電設備等
リチウムイオン	◎ 200Wh/kg	6~10年 300-7,000回	EV、携帯電話、PC等 車載用の主流
NAS (ナトリウム硫黄)	○ 130Wh/kg	15年 4,500回	大規模電力貯蔵設備

材料による分類

サイクル数（回）

コバルト系	リン酸鉄系	マンガン系	三元系 (NMC系)	NCA系	チタン酸系
500-1,000	1,000-2,000	300-700	1,000-2,000	500	3,000-7,000

出所：経済産業省『蓄電池戦略』、JOGMEC『EV電池および電池材料（Ni, Co, Li）の市場動向』、(株)ニスコHP、有識者インタビューを基に試算

チタン酸系の寿命は長く、1日1回の充電でも19.2年の耐用年数となる。昨今主流のリン酸鉄系、NMC系であれば、5-6回/週の稼働率の高い使われ方の場合、6-8年で蓄電池の交換が必要となる可能性がある

現行LIB | 蓄電池の性能劣化

蓄電池
モーター
インバーター

		コバルト系	リン酸鉄系	マンガン系	三元系 (NMC系)	NCA系	チタン酸系
寿命		500-1,000回	1,000-2,000回	300-700回	1,000-2,000回	500回	3,000-7,000回
充電回数シミュレーション※	2回/日	1.4年	2.7年	1.0年	2.7年	0.7年	9.6年
	1回/日	2.7年	5.5年	1.9年	5.5年	1.4年	19.2年
	6回/週	3.2年	6.4年	2.2年	6.4年	1.6年	22.4年
	5回/週	3.8年	7.7年	2.7年	7.7年	1.9年	26.8年
	4回/週	4.8年	9.6年	3.4年	9.6年	2.4年	33.6年
	3回/週	6.4年	12.8年	4.5年	12.8年	3.2年	44.7年
	2回/週	9.6年	19.2年	6.7年	19.2年	4.8年	67.1年
	1回/週	19.2年	38.4年	13.4年	38.4年	9.6年	134.2年

※最大寿命で試算（幅がある場合は数値の大きい方を使用）

現行LIBの弱点を補うため、エネルギー密度、安全性、大きさ、充電時間、耐久性、コストの点で現行LIBに勝る全固体電池の実用化に向けた研究が進められている

次世代蓄電池 | 全固体LIBの特徴比較

蓄電池
モーター
インバーター

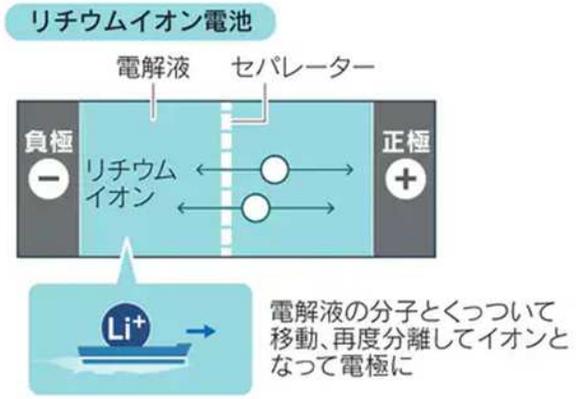
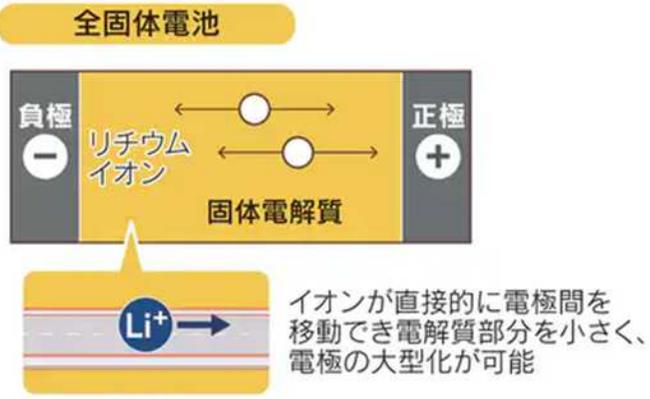
	リチウムイオン電池	全固体電池
エネルギー密度	<ul style="list-style-type: none"> • <u>すでにエネルギー密度の理論的境界付近 (250 Wh/kg)</u> であり、普及価格帯で航続距離を延ばすことが難しい <ul style="list-style-type: none"> ➢ 新型リーフは62kWh、440kgのバッテリーを搭載→約140 Wh/kgのエネルギー密度 	<ul style="list-style-type: none"> • <u>300~400Wh/kgを実現可能</u>と言われている
安全性	<ul style="list-style-type: none"> • 液漏れによる発火リスクがある 	<ul style="list-style-type: none"> • <u>液漏れによる発火リスクがない</u>
大きさ	<ul style="list-style-type: none"> • 冷却機構やセパレーターが必要であり、大きい 	<ul style="list-style-type: none"> • <u>冷却機構が不要</u>であり、小さい
充電時間	<ul style="list-style-type: none"> • 液漏れによる発火リスクを抑えるため、時間を要する 	<ul style="list-style-type: none"> • リチウムイオン電池に比べて、<u>1/3~1/4の時間で充電が可能</u>
耐久性	<ul style="list-style-type: none"> • 液体電解質は劣化しやすく、電池寿命が短い 	<ul style="list-style-type: none"> • <u>固体電解質は劣化しにくく、電池寿命が長い</u>
コスト	<ul style="list-style-type: none"> • 電極や電解質の材料が限られ、レアメタルを使用することから高止まり傾向 	<ul style="list-style-type: none"> • <u>材料の選択余地が多くコスト削減余地が大きい</u>

出所：日本経済新聞『見てわかる全固体電池 EV向け本命、トヨタなど開発急ぐ』（2021年1月13日）、くらからHP『全固体電池の開発加速か。3倍超の性能を実現させる新発見』（2020年10月16日）より作成

全固体電池は電池全体が固体材料により構成され、車載用電池として理想的な特性を有している

次世代蓄電池 | 全固体LIBの構造

蓄電池
モーター
インバーター

	現行LIB	全固体電池
	 <p>リチウムイオン電池</p> <p>電解液 セパレーター</p> <p>負極 (-) リチウムイオン 正極 (+)</p> <p>電解液の分子とくっついて移動、再度分離してイオンとなって電極に</p>	 <p>全固体電池</p> <p>負極 (-) リチウムイオン 正極 (+)</p> <p>固体電解質</p> <p>イオンが直接的に電極間を移動でき電解質部分を小さく、電極の大型化が可能</p>
電解質	<p>液体：有機電解液</p> <p>有害性が高く液漏れ・揮発・発火等安全上のリスク 電気絶縁体としてセパレータ挿入が必須</p>	<p>個体：無機固体材料を使用</p> <p>難燃性・化学的安定性・熱的安定性に優れる 多重構造化により小型化・高密度化が可能</p>
充放電構造	<p>電解液中のイオン移動</p> <p>溶媒分子と結合したLi+が有機電解溶液を泳ぐように移動することで充放電される</p>	<p>固体電解質のイオン移動</p> <p>Li+が固体電解質を直接移動することで充放電される</p>
イオン伝導速度	<p>電解質中の移動速度 < 電解質 ⇒ 電極への取込速度</p> <p>イオン供給が不足</p>	<p>電解質中の移動速度 ≒ 電解質 ⇒ 電極への取込速度</p> <p>イオン供給がスムーズ（大電流化が可能）</p>

全固体LIBは
車載用蓄電池として
理想的な特性を具備

安全性向上



高密度化



冷却装置簡素化による
コスト低減



Li+単独電動による
大電流化
(急速充電)

全固体LIBの開発で先行しているのはトヨタ自動車であり、2020年代前半の実用化に向けた研究開発が行われている

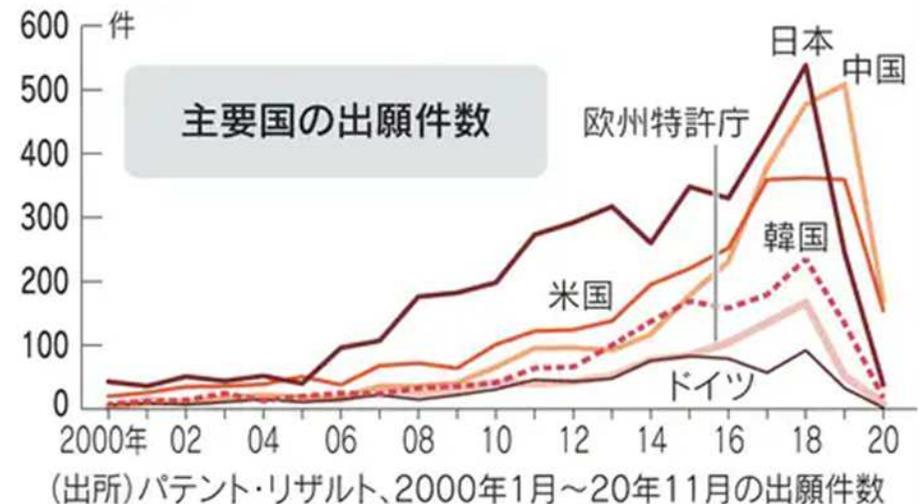
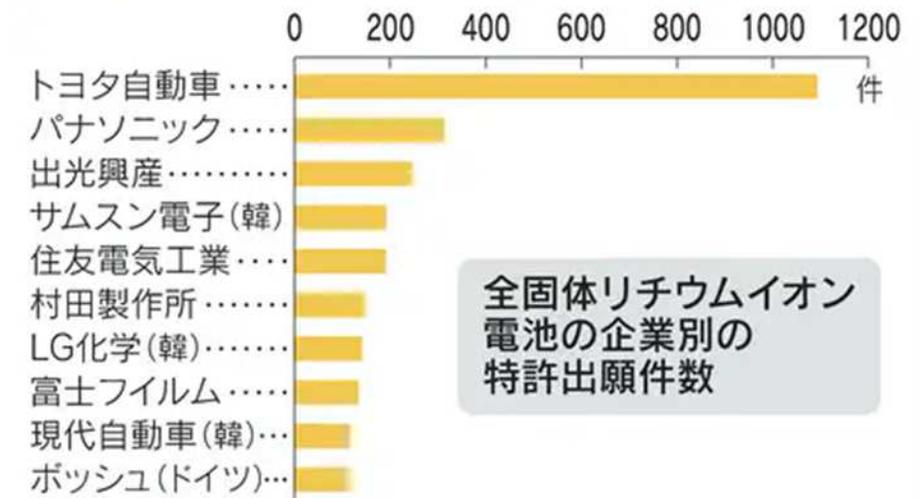
次世代蓄電池 | 全固体LIBの開発動向

蓄電池
モーター
インバーター

各社の取り組み状況

分類	企業名	取り組み状況
自動車メーカー	トヨタ自動車	<ul style="list-style-type: none"> 20年代前半に実用化の計画 21年に試作車
	日産自動車	<ul style="list-style-type: none"> 28年にも実用化へ
	ホンダ	<ul style="list-style-type: none"> 実用化時期は未定
	フォルクスワーゲン	<ul style="list-style-type: none"> 米スタートアップと組み、25年にも生産ラインを設置
	現代自動車	<ul style="list-style-type: none"> 27年に量産を開始
	素材メーカー	出光興産
三井金属		<ul style="list-style-type: none"> 電解質をマクセルと開発中 21年から量産を開始
住友金属鉱山		<ul style="list-style-type: none"> リチウムイオン電池向けの正極材を全固体電池に応用
古河機械金属		<ul style="list-style-type: none"> リチウム、リン、硫黄を主原料とした固体電解質を開発
JX金属		<ul style="list-style-type: none"> 電解質を東邦チタニウムと共同で開発

充電回数別 耐用年数試算



出所：日本経済新聞『見てわかる全固体電池 EV向け本命、トヨタなど開発急ぐ』（2021年1月13日）

ただし、全固体電池の実用化については懐疑的な見方もある

全固体電池について

蓄電池
モーター
インバーター

- 全固体電池の開発は2000年ごろからあるテーマであるが、現在においても実用化が進んでおらず、全固体電池の実用化が順調に進むとは考えていない
- 急激に実用化が進む場合は、材料に何らかの進化があることが通常であるが、全固体電池においてそのようなシグナルは見られない
- 全固体電池であっても、EVを使用する場合、一定の充電時間が必要となり稼働可能な時間が限られるという課題は変わらない
- 急速充電可能な設備を設置し充電設備のワット数を上げることで、EVの充電時間を短縮することができるが、以下の観点から実用的ではない
 - テスラのスーパーチャージャーのようなハイスpek的な設備が大量に必要なため、設備投資が高額となる可能性
 - 充電したい時間が電力料金の安い夜間に集中するため、夜間の利用ピークに合わせた台数を新規設置する必要がある
 - 既存の充電スポットとなる配送センターや駐機場が契約している電圧が高くないことが想定され、急速充電に適した環境があるとは考え辛い
 - 急速充電を繰り返した場合に、系統(既存の配電設備等)に負荷がかかり、EVの劣化を早める恐れがある



自動車メーカー
FC開発担当者

ポストLIBとされる電池4種は、エネルギー密度・コスト面に加え安定性・耐久性の点でもパフォーマンスが高く、2030年頃の実用化を目指し技術開発が進む

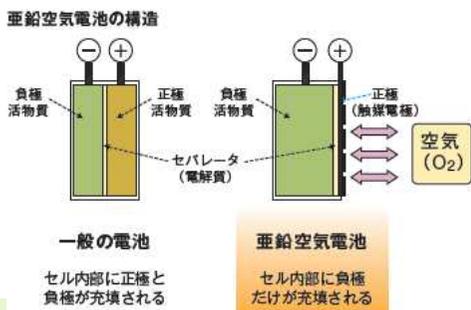
次世代蓄電池 | 革新型蓄電池

蓄電池
モーター
インバーター

亜鉛空気電池

✓ 安全性・コスト面でも有利

- 正極に空気中の酸素、負極に亜鉛を用いた構造
- 高電位の空気を外から取込み、セル内に多量の亜鉛を収容でき高いエネルギー密度が得られる
- マンガン電池等で安定した実績がある亜鉛は安全性やコストで有利



実用化に向けた注力テーマ

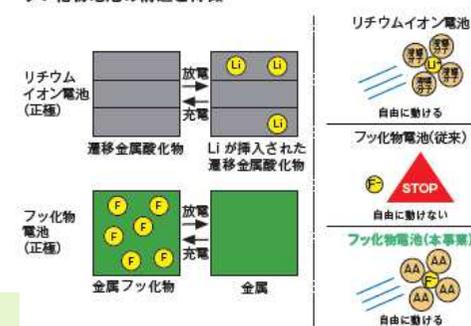
- 繰り返し充電に耐える亜鉛極の開発
- 空気極の反応を促進する触媒の開発

フッ化物電池

✓ 日本で誕生した新原理の革新型蓄電池

- マイナスのフッ化物イオンが正極と負極の間を移動して充放電
- 京都大学の小久見善八名誉教授らを中心に構想
- 実用化された場合、原料が安価でコストメリットあり

フッ化物電池の構造と特徴



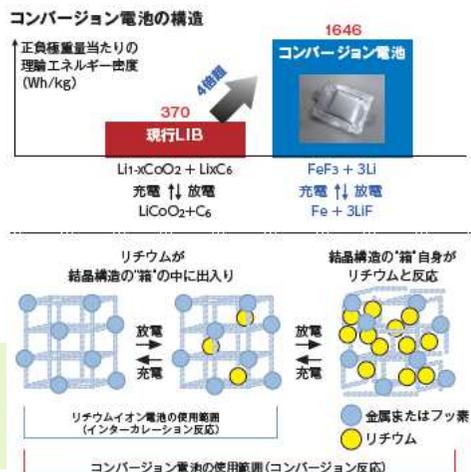
実用化に向けた注力テーマ

- 固体フッ化物電池の低温化
- 液体フッ化物電池の電解液の発見

コンバージョン電池

✓ 密閉系で最高レベルの高い理論エネルギー密度

- フッ化鉄等を正極活物質に用いた「コンバージョン反応」を利用し、高いエネルギー密度を実現
- 材料費も安価で、安全性も高く利点が多い



実用化に向けた注力テーマ

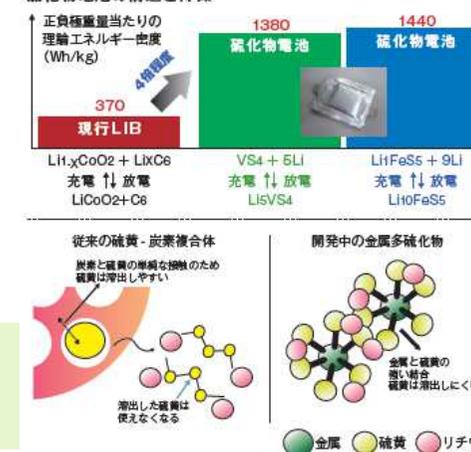
- 材料構造を再構成する工夫
- 正極活物質のさらなる高性能化

硫化物電池

✓ 金属と硫黄を結ぶ技術で電池を高性能化

- 硫黄を正極活物質として用いた構造
- 単位重量当たりで多くのリチウム原子と結合する硫黄の性質を利用し高いエネルギー密度が得られる

硫化物電池の構造と特徴



実用化に向けた注力テーマ

- 金属と硫黄を結合し溶出を抑制
- 高容量金属負極表面の安定化

急速充電規格で同じくCAN通信を採用する日本勢CHAdeMOと、圧倒的シェアを誇る中国GB/Tは、充電時間の飛躍的な短縮に向けて超急速充電規格の共同開発に着手

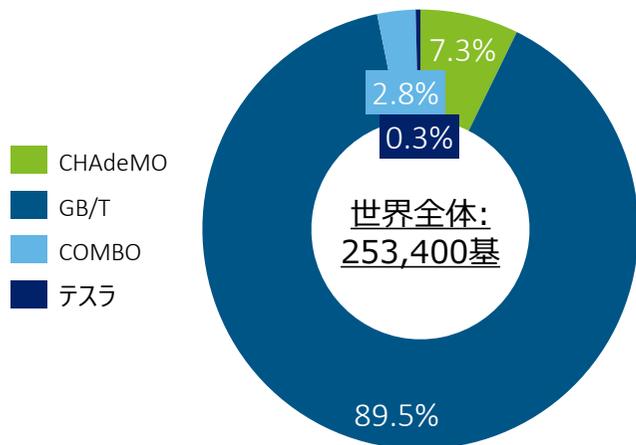
充電器 | 充電規格の状況



EV向け急速充電規格

国際充電規格普及状況

- ✓ 中国GB/Tが圧倒的な設置数を誇る
- ✓ 電圧は50kWが一般的



CHAdeMOとGB/T⇒ChaoJiへ

- ✓ CAN通信規格を採用するCHAdeMOとGB/Tは超急速充電規格の共同開発に合意



- 2020年：規格発効キックオフ
- 2022年：高出力対応車、大型商用車市場投入
- 2023-2024年：新型ChaoJiコネクタの採用拡大
- 2025年以降：旧型コネクタの生産減少
- 2032-2035年：車両・充電器共に切り替え終了
- ～2035年：市場ニーズに基づき、新旧コネクタ共存

	CHAdeMo	GB/T	Tesla	CCS1	CCS2
国	日本	中国	米国	米国	ドイツ
通信	CAN			PLC	
普及台数 (基)	17,900	<u>220,000</u>	8,500	7,000	
平均電圧	<u>50kW</u>				

従来主流であった50kWから最新充電器では各規格ともに高出力化が進む一方で、対応している車両は現状少なく、蓄電池側でも高電圧化への対応が必要

充電器 | 規格別スペック

蓄電池
モーター
インバーター

Spec.	ChaoJi (CHAdeMO+GB/T)	GB/T	CHAdeMO	CCS	Tesla
コネクタ					
最大出力	<u>900 kW</u>	<u>185 kW</u>	<u>150 kW</u>	<u>350 kW</u>	<u>120kW</u>
通信方式	CAN	CAN	CAN	PLC	CAN
V2X機能	あり	なし	あり	なし	不明
主な普及地	開発中	中国、インド	全世界	欧州、米国、韓国、豪州	全世界

日本ではCHAdeMOが主力であり、Teslaもみられるものの、2019年時点で126基の設置にとどまる。CHAdeMOは大出力機の開発・投入が進んでいる状況

充電器 | 超急速充電器 (50kW超) の国内導入状況



	名称/規格	最大出力(kW)	導入年	導入数	特徴
ChaoJi (チャオジ)	<ul style="list-style-type: none"> Chaoji 	<ul style="list-style-type: none"> 900 kW (600A×1500V) 	<ul style="list-style-type: none"> 開発中 2022年に市場投入予定 	<ul style="list-style-type: none"> - 	<ul style="list-style-type: none"> Chaojiは「バス・トラックなどの大型車」に必要な大出力化にも対応し、電気自動車普及の可能性を拡げるための「先回り」的な規格である。これまでのCHAdeMOは仕様を改訂しても完全互換を維持し、ChaoJiはプラグ形状・制御信号とも異なる新しい規格で、CHAdeMO、GB/T、CCSとの親和性を考慮した設計となっている
GB/T	<ul style="list-style-type: none"> GB/T 20234.3-2015 	<ul style="list-style-type: none"> 185 kW (中国では最大250kW) 	<ul style="list-style-type: none"> - 	<ul style="list-style-type: none"> - (中国中心) 	<ul style="list-style-type: none"> GB/Tは最大250 kWまで充電可能、また第2世代GB/T DC充電ケーブルは車両用コネクタは最新のGB/T規格に準拠し、破壊行為から保護するためにブラケット内にロックすることも可能。電源用コネクタで直接温度測定するため安全であり、IP54の保護等級で、信頼性の高い防水対応もできる
CHAdeMO (チャデモ)	<ul style="list-style-type: none"> CHAdeMO 1.2 	<ul style="list-style-type: none"> 50 kW 150 kW 200 kW 400 kW 	<ul style="list-style-type: none"> 2009年 2020年より350-400kW充電規格開発中 	<ul style="list-style-type: none"> 7,500基超(2019年3月迄) 	<ul style="list-style-type: none"> 日本初充電方式のCHAdeMOは安全と低コストを目指した規格で、車両の指令に従って動作するので自動車メーカー各社の多様な車両に充電可能である。CHAdeMOの急速充電の特徴は、充電する際、電気を受け取る車両と電気を送り出す急速充電器の間で情報のやりとりを行うところであり、そのための通信方法やインターフェイスとなるコネクタが定められている
CCS COMBO (コンボ)	<ul style="list-style-type: none"> CCS Type-1 CCS Type-2 	<ul style="list-style-type: none"> 350 kW 	<ul style="list-style-type: none"> - (2016年欧州導入スタート) 	<ul style="list-style-type: none"> - (欧州、米国中心) 	<ul style="list-style-type: none"> CCSコンボ方式は、欧州で普及が進んでいる電気自動車や電動トラックなどに対応した充電システムである。欧州では高速道路や幹線道路を中心に、350kWという超高出力の急速充電システムを設置することで充電インフラを配置し、急速充電の利便性を実現させることを目標としている
Tesla (SC)	<ul style="list-style-type: none"> V2スーパーチャージャー アーバンスーパーチャージャー V3スーパーチャージャー 	<ul style="list-style-type: none"> 120 kW 72kW (150kWの電源を2基に分割して使用) 250kW (電源は単独に使用) 	<ul style="list-style-type: none"> 2020年よりV3を導入開始 	<ul style="list-style-type: none"> 126基超 	<ul style="list-style-type: none"> テスラのスーパーチャージャーは急速に充電し、充電完了が近づくと、徐々にスピードをおとし、走行に十分な充電が完了すると、自動でお知らせする。SCは国内の主要ルート上にある利便性の高ロケーションに配置されているため、通常、80%以上充電する必要はない (スタンド数の内訳として、福岡6、広島8、岡山4、徳島8、神戸4、大阪12、京都4、岐阜4、名古屋14、浜松4、長野4、山梨6、静岡6、高崎6、群馬6、栃木4、神奈川4、千葉6、東京8、埼玉4、仙台4となる)

出所：テスラ公式サイト、チャデモ公式サイト、富士経済「主要16カ国のEV・PHV向け充電インフラ市場を調査」(2020)、TUV Rheinland Japan

50kW超の超急速充電を設置するには高圧、または特別高圧で受電する必要があるが、電気事業法第43条が適用され、電気主任技術者を設置する必要がある

蓄電池
モーター
インバーター

超急速充電に係る法規制 | 電気事業法

電気事業法 第43条

- 第43条 **事業用電気工作物を設置する者は**、事業用電気工作物の工事、維持及び運用に関する保安の監督をさせるため、経済産業省令で定めるところにより、主任技術者免状の交付を受けている者のうちから、**主任技術者を選任しなければならない**。
- 2 自家用電気工作物を設置する者は、前項の規定にかかわらず、経済産業大臣の許可を受けて、主任技術者免状の交付を受けていない者を主任技術者として選任することができる。

自家用電気工作物

電気事業法における定義は「電気事業の用に供する電気工作物及び一般用電気工作物以外の電気工作物」。下記のうち、電気事業用電気工作物以外のもの。

高圧以上の電圧で受電するもの（高圧需要設備等）。

小出力発電設備を除く発電用の電気工作物（発電所）。またその電気工作物と同一の構内に設置するもの。

その構内以外の場所にある電気工作物と、受電用電線路以外の電線路で電氣的に接続されているもの（変電所、開閉所など）。

爆発性や引火性のものが存在するため電気工作物による事故が発生する恐れが多い場所に設置するもの。

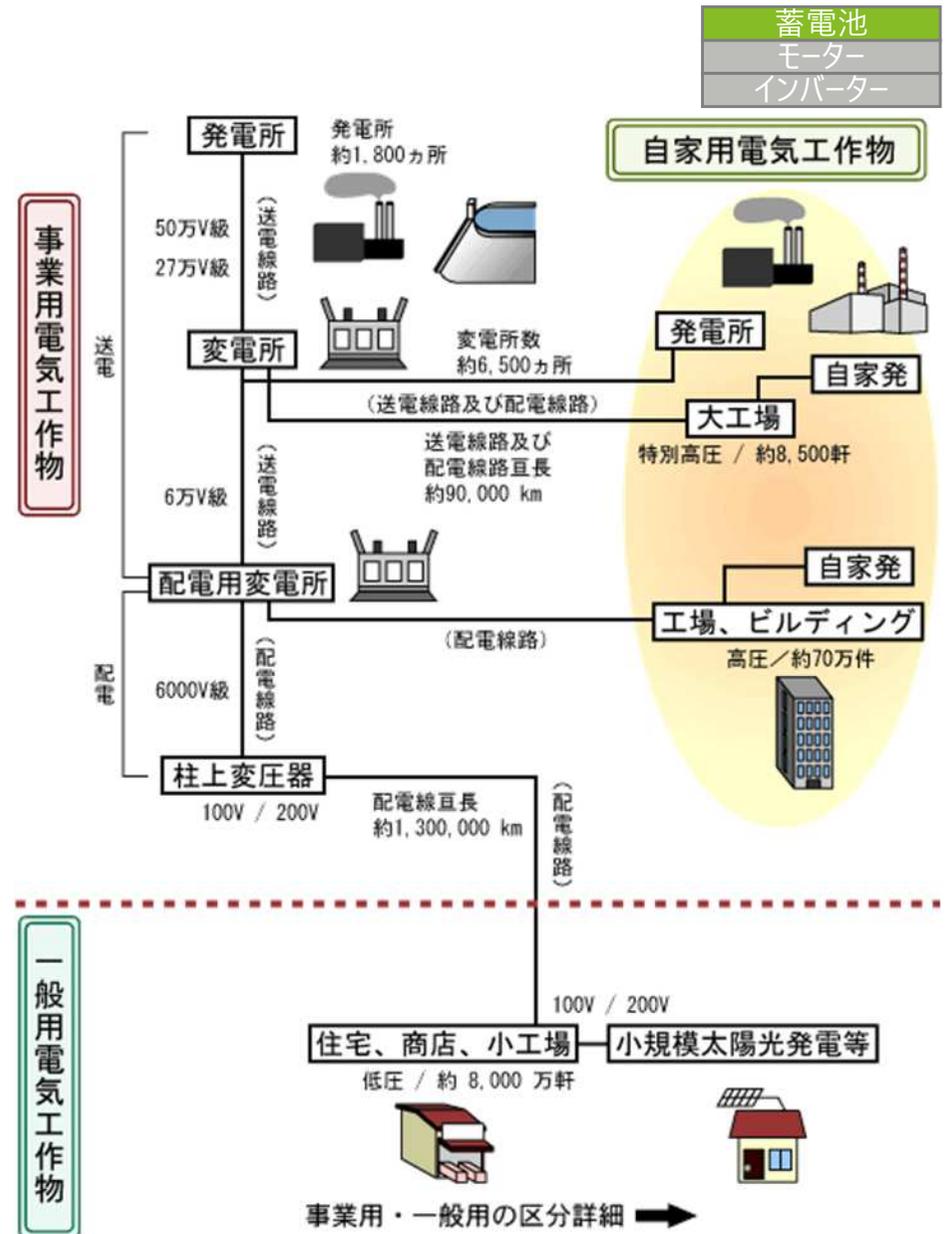
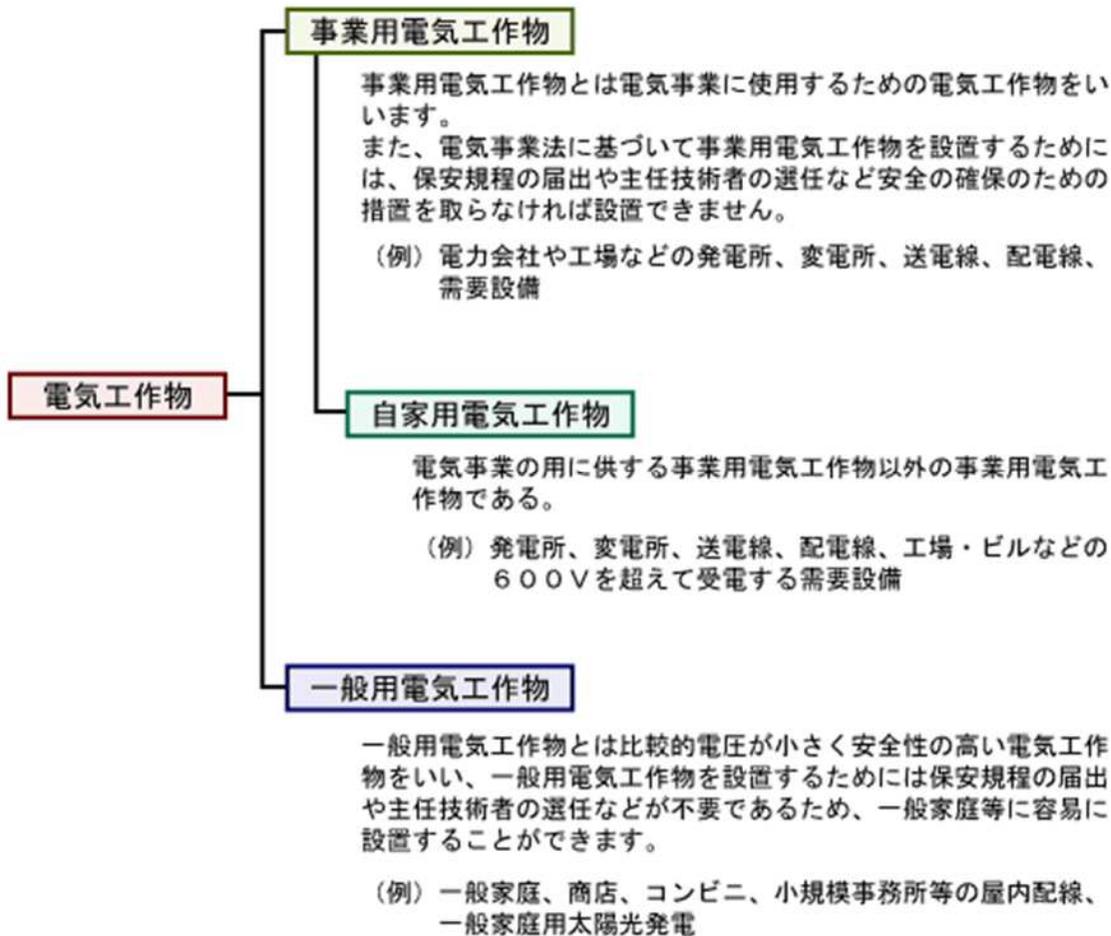
火薬取締法第2条第1項に規定する火薬類（煙火を除く）を製造する事業場。

石炭鉱山保安規則の適用を受ける鉱山のうち、甲種炭鉱又は防爆型機器の使用が義務付けられた乙種炭鉱。

なお、電気工事士法における自家用電気工作物は、このうち最大電力500kW未満の需要設備である。

超急速充電器は受電設備が必要となるが、受電設備は電気工作物のうち、自家用電気工作物に該当する

電気工作物の区分



超急速充電の設置には消防法省令の適用を受ける。これまでは50kWまでを急速充電と定義していたが、令和2年改正により、急速充電の対象が200kWまで拡大された

超急速充電に係る法規制 | 消防法施行令

蓄電池
モーター
インバーター

消防法施行令

第五条 火を使用する設備又はその使用に際し、**火災の発生のおそれのある設備であつて総務省令で定めるもの**（以下「対象火気設備等」）の位置、構造及び管理に関し火災の予防のために必要な事項に係る法第九条の規定に基づく条例の制定に関する基準（以下「条例制定基準」）は、次のとおりとする。（以下略）

2 前項に規定するもののほか、**対象火気設備等の位置、構造及び管理に関し火災の予防のために必要な事項に係る条例制定基準については、対象火気設備等の種類ごとに総務省令で定める。**

対象火気設備等の位置、構造及び管理並びに対象火気器具等の取扱いに関する条例の制定に関する基準を定める省令

第二章 対象火気設備等に関する基準

第三条 令第五条第一項各号列記以外の部分の総務省令で定めるものは、第一号から第十二号までに掲げる設備から配管設備等を除いたもの及び第十三号から第二十号までに掲げる設備とする。（十七、二十以外略）

十七 **蓄電池設備（四千八百アンペアアワー・セル未満のものを除く。以下同じ。）**

※本文外の注記：YUTONGのE10 Electric Busを例にとると、蓄電池は九十アンペアアワー×2

二十 **急速充電設備（全出力二十キロワット以下のもの及び全出力五十キロワットを超えるものを除く。）**

第十六条 令第五条第二項の規定により、第四条から前条までに規定するもののほか、対象火気設備等の位置、構造及び管理に関し火災の予防のために必要な事項に係る条例は、次の各号に定めるところにより制定されなければならない。

【令和2年改正】

全出力50kWを超える急速充電設備については、需要の増加に伴い、普及がさらに加速することが予想されている。一方、改正前の対象火気省令においては、全出力50kWを超える急速充電設備は、「変電設備」の規制の対象となっており、当該規制は自動車等の充電を行うことが想定されておらず、不都合が生じていた。

また、従前の基準においても、対象火気省令によらず、各市町村等において特例基準を設けることにより、全出力が50kWを超える急速充電設備を設置することは認められていたが、地域によって規制の取扱いが多様となり、不都合が生じうる状態であった。

上記の事情に鑑み、全国統一的な基準として、**急速充電設備の最大出力を200 kWまで拡大し、あわせて火災予防上必要な措置を定めるため、所要の規定の整備を行うこととした。**（⇒改正内容の概要を次頁にて記載）

想定されるハザードに対して、必要な安全対策を講じることで規制緩和が実施される

超急速充電に係る法規制 | 消防法改正内容の概要

蓄電池
モーター
インバーター

部位等	想定されるハザード	消防法上必要な安全対策	対象 (直近改正)	改正条項
(1) 急速充電設備 (蓄電池内蔵型のものを含む。) において想定されるハザードと必要な安全対策				
機器本体	外部火災により長時間高温曝露する。	建物から3メートルの離隔距離の確保 (消防長 (市町村長) 又は消防署長が認める延焼を防止するための措置が講じられているものは、この限りでない。)	50 kW以下を除く急速充電設備 (50 kW 超200 kW 以下)	第16条 第4号ハ
コネクター	落下によりコネクターが破損・変形し、充電不能となる。 落下によりコネクターが破損し、感電する。	コネクターの不時の落下防止措置 (コネクターに十分な強度を有するものは、この限りでない。)	全急速充電設備 (20 kW超200 kW 以下)	第16条 第9号リ
充電用ケーブル	液漏れにより内部基板が損傷する。	<ul style="list-style-type: none"> 冷却液と基盤の分離構造 冷却液の流量・温度の異常検知機能 		第16条 第9号ヌ
開閉器	開閉器の接点が固着する。	開閉器の異常検知機能		第16条 第9号ル
(2) 蓄電池内蔵型急速充電設備において想定されるハザードと必要な安全対策				
蓄電池・蓄電システム	低温下で蓄電池を充電することで内部短絡が発生し、蓄電池の発熱や、利用不能が生じる。	<ul style="list-style-type: none"> 温度の異常検知機能 異常検知時の急速充電設備の停止機能 	全急速充電設備 (20 kW超200 kW 以下)	第16条 第10号ハ
蓄電システム	制御機能の故障により蓄電池の過充電、過昇温が発生して発火する。	<ul style="list-style-type: none"> 制御機能の異常検知機能 異常検知時の急速充電設備の停止機能 		第16条 第10号ニ

出所：対象火気設備等の位置、構造及び管理並びに対象火気器具等の取扱いに関する条例の制定に関する基準を定める省令の一部を改正する省令

2. EV/FCバス・トラックの普及促進に向けた パワートレイン技術動向等の整理

① 蓄電池関連技術動向

(1) 蓄電池

(2) モーター

(3) インバーター

EVの駆動用に用いられるモーターは交流モーターであり、大きく永久磁石同期型モーターと永久磁石を使わない誘導モーターに分けられる

モーター | 分類

蓄電池
モーター
インバーター

大分類	小分類	仕組み
直流モーター (DCモーター)	直流ブラシモーター	<ul style="list-style-type: none"> モーター内部に「ブラシ」と呼ばれる電極と、「整流子」を設け、その二つを接触させ機械的に電流の切り替えをおこなってモーターを回転させる仕組み ブラシと整流子が機械的に接触することでローターの回転が制御されているため、摩擦で電極がすれてしまい、一定の運転時間の後、交換が必要となる
	直流ブラシレスモーター	<ul style="list-style-type: none"> 「ブラシ」「整流子」のような機械的な接点ではなく、ダイオード※と呼ばれる素子で構成された駆動回路の電子回路（ドライバ回路）を使い、電氣的に電流の切り替えを行う <p>※ダイオードとは、一方向のみに電流を流す性質のある半導体素子のこと</p>
交流モーター (ACモーター)	永久磁石同期型モーター	<ul style="list-style-type: none"> 回転速度が同期速度に等しいモーターで、ローターに永久磁石を埋め込んでおり、回転しないステーターには銅線が巻かれている。 外側のコイルに対して電流を流すと、電磁石の原理によって、磁石の力でローターを回転させることができる
	誘導モーター	<ul style="list-style-type: none"> ローターに使っている永久磁石を電磁石に置き換えるというコンセプト（永久磁石にレアメタルが使われており、高価であるため）

次頁

永久磁石同期型モーターは出力を高めることが容易であり、機械的な強度も高められるためEV駆動用モーターとして普及率は高い。しかし、永久磁石にはレアメタルが使用されるため高価であり、今後はレアメタルを使わない誘導モーターが主流となる可能性がある

蓄電池
モーター
インバーター

モーター | 特徴と使用例

小分類	特徴					EV使用例
	価格	強度	出力	小型化	高速性能	
永久磁石同期型モーター	△	○	○	○	△	<ul style="list-style-type: none"> 日産「リーフ」 テスラ「モデル3」
	<ul style="list-style-type: none"> 永久磁石にレアメタルが使用されるため 	<ul style="list-style-type: none"> 永久磁石をローターに埋め込んでいるため、機械的な強度を高めやすい 	<ul style="list-style-type: none"> 強力な磁石を用いるため、容易に出力を高めることが可能 	<ul style="list-style-type: none"> 誘導モーターより小型しやすい 	<ul style="list-style-type: none"> 高速領域でローターが高速回転するとローターが電圧を帯び、出力が落ちる 	
誘導モーター	○	△	△	△	○	<ul style="list-style-type: none"> 日産「アリア」 テスラ製EV
	<ul style="list-style-type: none"> 永久磁石同期型モーターに比べて、15%～20%減 	<ul style="list-style-type: none"> 永久磁石同期型モーターよりは劣る 	<ul style="list-style-type: none"> コイルを多く巻き付ければ可能だが、スペースの制約を受ける 	<ul style="list-style-type: none"> 磁石を使わずに磁界をコントロールするので、駆動対応としてインバーターが必要 	<ul style="list-style-type: none"> 電流を小さくすることで磁力をコントロール可能であり、上記課題は解決が容易 	

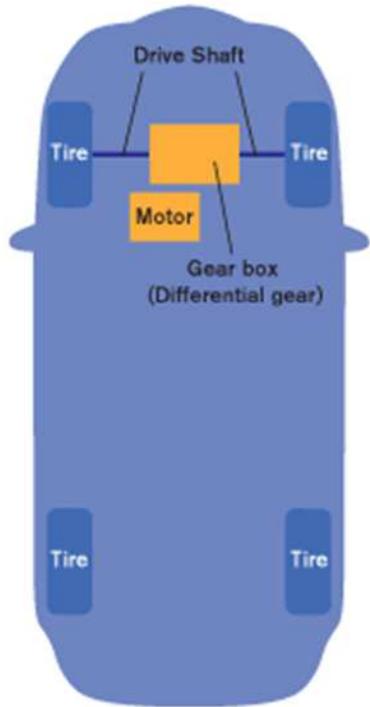
出所：オリエンタルモーターHP、日本電産HP、有識者インタビュー

インホイールモーターは現在、メーカーのうけが良くないと言われているが、自動運転との相性が良い側面もあり、今後普及していく可能性がある

モーター | 今後のトレンド

蓄電池
モーター
インバーター

従来方式
(日産リーフの例)



インホイールモーター方式
(ニッサン ブレイドグライダーの例)



- サスペンションの下にくっついている重量をばね下重量といい、例えばタイヤなどだが、ばね下重量が重くなると運転するときにもったりした感じになる。
- インホイールモーターの場合、その構造上どうしてもばね下重量が重くなるため、運転する楽しみが減るといことで自動車メーカーにうけが悪い。
- ただ利便性という点では今の車ではありえない方向にタイヤを曲げることができたり、メリットもあるため、インホイールモーターがブレークスルーしてもっと小さく安くなる、あるいは自動運転で運転する楽しみを見出さない利用を想定した場合には、利用余地が出てくると考えられ、長期的には伸びてくるのではないか。



自動車メーカー
電動者パワートレイン開発者

- インホイールモーター方式では、駆動輪のすぐ近くにそれぞれモーターを配置し、タイヤを直接駆動
- 左右の車輪を独立に制御することでハンドル操作に対する旋回時の挙動をより自由に作り出すことが可能

出所：日産自動車HP、有識者インタビュー

2. EV/FCバス・トラックの普及促進に向けた パワートレイン技術動向等の整理

① 蓄電池関連技術動向

(1) 蓄電池

(2) モーター

(3) インバーター

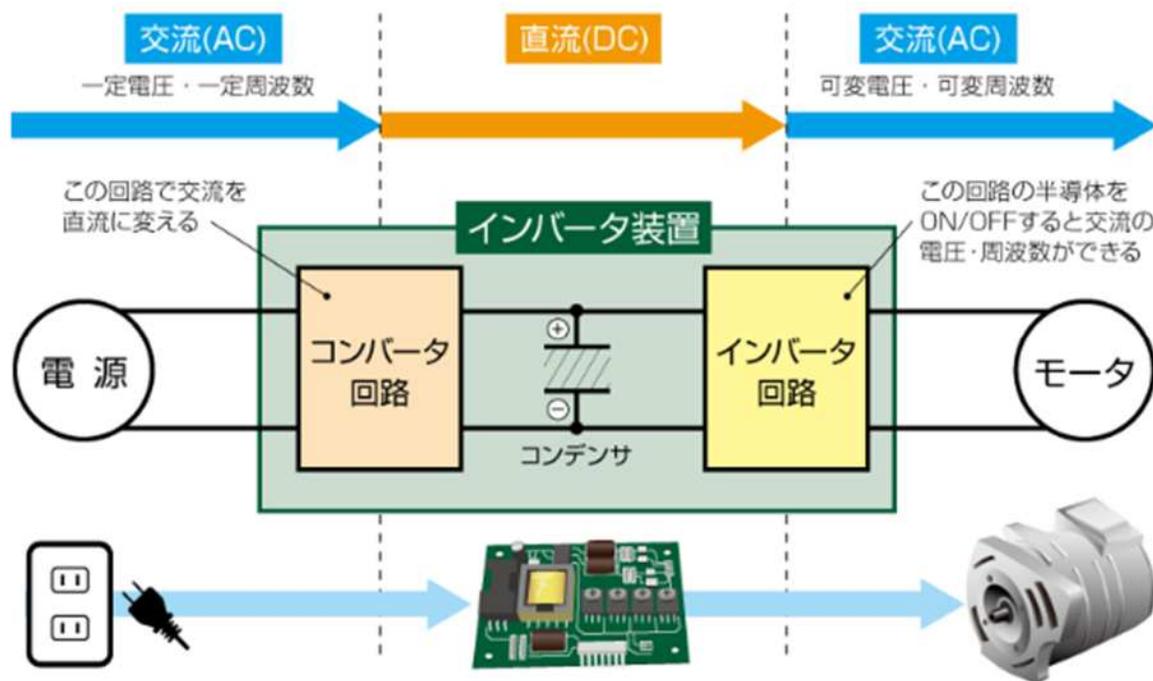
半導体の素材として現在利用されている「シリコン」よりも、電気を通しやすく、電力損失が発生しにくいシリコンカーバイド（炭化ケイ素）を使う流れが主流となりつつある

インバーター | 技術開発動向

蓄電池
モーター
インバーター

インバーターとは？

- 直流電流を交流電流に変換する回路（インバータ回路）のことで、モーターの速度調整を行う。



- これまでではシリコンパワー半導体が主に使用されていたが、**電流オン・オフ時の電力損失が少なく済むシリコンカーバイド (SiC) 半導体をスイッチ素子に使う流れが主流**になっている。
- またスイッチ機能を実行すると熱を持ち破壊につながるため、**インバーターではスイッチ素子の冷却が重要であるが、各社それぞれ冷却方法を開発**している。

- インバータ装置は、交流電流を直流電流に変換する「コンバータ回路」と「コンデンサ」、「インバータ回路」の3つの要素で構成。
- コンバータ回路で交流を直流に変換し、コンデンサに充電や放電を繰り返しながら安定した直流に整流。インバータ回路で直流を任意の周波数や電圧で交流に変えて出力に変換。



自動車メーカー
電動者パワートレイン開発者

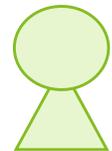
出所：松定プレジジョンHP、有識者インタビュー

モーターの変換効率自体は90%以上であり、インバーター含め両者がネックとなり大型商用車の電動化が妨げられる可能性は低く、最大の普及課題は蓄電池となる

モーター・インバーター | 商用車の電動化にあたっての普及課題



- モーターを動かす電圧としては、乗用車EVだと300V～700V程度。重いものを運ぶ商用車の場合、もっと出力が必要になるため、**モーターの数で補うのか、電圧を上げることで補うのか。**
- なぜ電圧を上げる必要があるのかというと、モーターの出力は電圧×電流で決まるが、低い電圧のモーターだと出力を出そうとすると大電流が必要になる。その場合、バッテリーから電流を出し、**インバーターで直流を交流に変換する必要があるが、大電流は難しい。このため電圧を上げることが必要**になってくる。
- 商用車に適用する際には、電圧が大きいモーターが必要になり、乗用車と同じモーターが使えるかという疑問。ただし、電圧を上げようとする、三相電流の各相の隔離に要する物理的な距離が必要になる。**400Vの電圧のモーターと、1,000Vのモーターでは、絶縁距離が異なるため、大電圧のモーターは大型化**する。
- **インバーターも、電圧が変わるとインバーターの中の半導体のスイッチ同士の間絶縁距離を確保する必要があるため、インバーターも大きくなってしま**う。バッテリーも、電圧が高くなると大型化するため、大きなバッテリースペースが必要になる。な**お電圧を上げると充電インフラも従来のもの(400V用)では対応できない**。
- 商用車の電動化に向けた**課題として最も大きいのはバッテリー**であり、モーター、インバーターにも課題がないことはない(なるべく小さく、なるべく安く)が、走行距離や価格の点でバッテリーが最大の課題。モーター的には、変換効率の良い領域を広げていくのもモーターの課題。**モーターの変換効率自体は90%以上**のため、それを上げるのは、もちろん必要なことではあるが生産性の高い開発とはいえない。



自動車メーカー
電動者パワートレイン開発者

2. EV/FCバス・トラックの普及促進に向けた パワートレイン技術動向等の整理

② 水素関連技術動向

(1) 水素の特徴

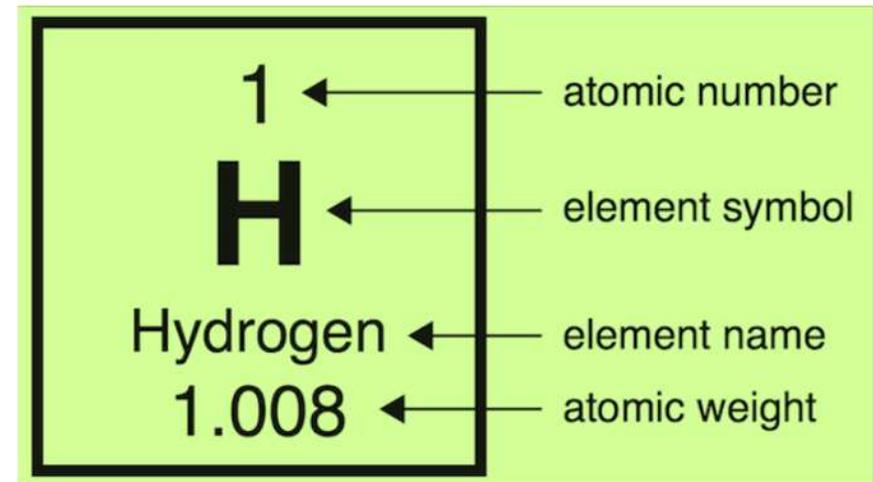
(2) 燃料電池の種類と特徴

(3) 高圧水素タンク

水素は、地球上で最も軽くて豊富な元素であり、エネルギー含有量は1kgあたりで比較するとガソリンの3倍となる

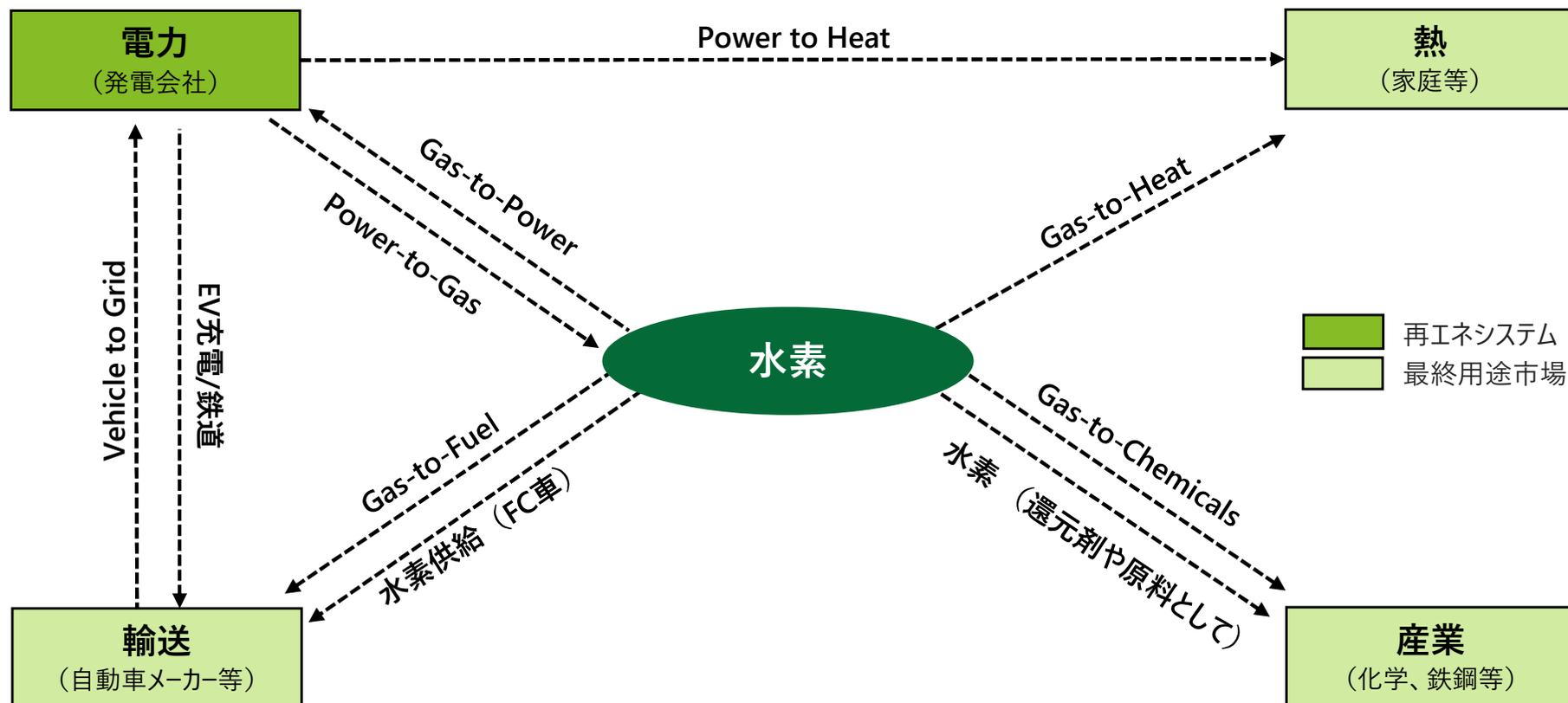
水素の特徴

- 周期表で最も軽い元素（比重0.0695）。宇宙で最も豊富な化学物質であり、質量では全宇宙のおよそ3/4を占めている
- 標準の温度と圧力では、水素は無色、無臭、無味、無毒、非金属、可燃性の高い二原子分子で、分子式はH₂
- 地球上の水素のほとんどは水や有機化合物などの分子形態で存在する（水、化石燃料、有機化合物など）
- 水素は、化学燃料の重量で最も高いエネルギー含有量を持つ（水素 33kWh/kg、天然ガス 13.9kWh/kg、ガソリン 12kWh/kg）
- 化学産業、特に精製および鉍物質肥料/アンモニア/尿素生産にとって重要な原料となっている
- -252.6°Cで液化する



水素は、化石燃料が基盤となっている既存のエネルギーシステムの転換を図ることが可能と期待されており、再エネの価値を高め、最終用途市場の脱炭素化を可能とする

水素の用途



今日の水素は産業用途に利用されており、エネルギー転換とは直接の関係が薄いですが、水素の取扱いについては豊富な実績が得られている

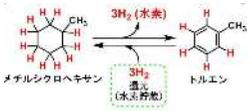
水素の製造プレーヤー

企業名	水素の製造に関する取り組み	製造手法
ENEOS株式会社	<ul style="list-style-type: none"> • 全国に国内最大となる44ヶ所の水素ステーションを展開（国内シェア4割） <ul style="list-style-type: none"> ➢ 単独型（FCVへの水素充填のみに特化）：14ヶ所 ➢ SS一体型（ENEOSのサービスステーション=SSに併設）：18ヶ所 ➢ 移動式（専用トラックに水素充填機器を搭載し、販売拠点に移動して水素の販売を行う）：12ヶ所 • 2016年3月に本牧事業所でLPGを原料に水素の製造を開始し、首都圏の水素ステーションに水素を供給 	<ul style="list-style-type: none"> • 化石燃料改質
東京ガス株式会社	<ul style="list-style-type: none"> • 都市ガス導管網を活用して、都市ガスから水素を製造するオンサイトステーション（マザー）と、近隣のオンサイトステーションから水素を受け入れるオフサイトステーション（ドーター）の2つのタイプの水素ステーションを建設 • オンサイト型の千住水素ステーション(2016年1月開設)、浦和水素ステーション(2016年2月開設)、豊洲水素ステーション(2019年12月開設)、オフサイト型の練馬水素ステーション(2014年12月開設)を運営 	<ul style="list-style-type: none"> • 化石燃料改質
岩谷産業株式会社	<ul style="list-style-type: none"> • 圧縮水素と液化水素における国内販売シェア約70%（液化水素では100%） • 液化水素の生産能力は18,000L/h 	<ul style="list-style-type: none"> • -
大陽日酸株式会社	<ul style="list-style-type: none"> • パッケージ型水素ステーション「ハイドロ シャトル」を開発（水素ステーションを構成する4つの主要機器であるディスペンサー、プレクール装置、水素圧縮機、水素蓄圧器を一体化ユニット） • 2018年12月、産業ガス大手の独リンデから同事業を4億1307万ドル（約470億円）で買収 	<ul style="list-style-type: none"> • -
エア・ウォーター株式会社	<ul style="list-style-type: none"> • 工業用水素ガスシェア12%（国内に圧縮水素製造拠点8ヶ所） • 熱中和型天然ガス改質によるオンサイト方式の水素ガス製造装置「VH」を開発 	<ul style="list-style-type: none"> • -
株式会社トクヤマ	<ul style="list-style-type: none"> • 食塩電解法で苛性ソーダを製造する時に副次的に発生する副生水素をFC発電機の燃料として活用し、トヨタ自動車と定置式FC発電機の実証運転を実施（2020年6月） 	<ul style="list-style-type: none"> • 副生水素
昭和電工株式会社	<ul style="list-style-type: none"> • 川崎市と共同で、環境省「地域連携・低炭素水素技術実証事業」に参画 • 使用済みプラスチックを原料に、昭和電工川崎事業所（川崎市）で作られた低炭素水素をパイプラインで供給、純水素型燃料電池でホテルの電気と熱（温水）に変換し、客室などに利用 	<ul style="list-style-type: none"> • ガス化手法

出所：各社HPより作成

水素の貯蔵・輸送技術は実用化されているが、より高密度かつ大規模輸送を可能とする技術向上が課題

水素の貯蔵・輸送技術

輸送形態・方法		体積当たり水素含有量 (kg-H ₂ /m ³) *1	概要	課題
アンモニア		121.0	窒素と反応させアンモニアとして貯蔵・輸送 (既存トレーラーは20MPa)	<ul style="list-style-type: none"> 有害性低減による安全性向上 アンモニア除去率向上 (燃料電池劣化原因)
有機 ハイドライド		47.3	トルエンと反応させメチルシクロヘキサン (常温液体) として貯蔵・輸送	<ul style="list-style-type: none"> 高压ガス保安法、消防法、建築基準法 水素ST直送のための脱水素装置小型化・熱源確保
液化窒素		70.8	-253℃まで冷却し 液化させ、貯蔵・輸送	<ul style="list-style-type: none"> 高压ガス保安法の規制対応 海上輸送時は専用船舶・格納設備要
高压ガス		14.0	水素を高压に圧縮し、ポンプ等で輸送・貯蔵 (※既存トレーラーは20MPa)	<ul style="list-style-type: none"> 高压ガス保安の規制対応 トンネル通過の制限
パイプライン		0.8 (1MPa, 0℃)	水素を気体のままパイプラインに流すことで、 需要地まで輸送	<ul style="list-style-type: none"> 用地確保 パイプラインの安全性・耐久性確保 コンビナートなど安全規制対応

*1: 国際環境経済所

*2: 2030年までの技術向上を加味したバリューチェーン全体 (化石燃料等の資源採掘・輸送・精製からステーションでの充填まで) の効率

*3: 出所: エネルギー総合工学研究所

FCに充填可能な水素品質はISOで定められており、純度99.97%以上が必要

FCVに使用される水素スペック (ISO 14687-2)

Table 1 Directory of limiting characteristics [規格値一覧表]

Characteristics(assay) [指標 (分析)]	Type I , Type II	Grade D [※]
Hydrogen fuel index [水素燃料比率] (minimum mole fraction [最小モル率]) ^a	99.97%	
Total non-hydrogen gases [全非水素ガス]	300 μmol/mol (ppm)	
Maximum concentration of individual contaminants [最大不純物濃度]		
水 (H ₂ O)	5 μmol/mol	(ppm)
全炭化水素 ^b (メタン換算)	2 μmol/mol	(ppm)
酸素 (O ₂)	5 μmol/mol	(ppm)
ヘリウム (He)	300 μmol/mol	(ppm)
窒素 (N ₂) , アルゴン (Ar) ^b	100 μmol/mol	(ppm)
二酸化炭素 (CO ₂)	2 μmol/mol	(ppm)
一酸化炭素 (CO)	0.2 μmol/mol	(ppm)
全硫黄化合物 ^c (H ₂ S 換算)	0.004 μmol/mol	(ppm)
ホルムアルデヒド (HCHO)	0.01 μmol/mol	(ppm)
蟻酸 (HCOOH)	0.2 μmol/mol	(ppm)
アンモニア (NH ₃)	0.1 μmol/mol	(ppm)
全ハロゲン化合物 ^d (ハロゲンイオン換算)	0.05 μmol/mol	(ppm)
最大微粒子濃度	1 mg/kg	

水電解式であれば、原料は純水になるため、純度99.97%の水素を製造することの技術的なハードルは高くない。原料になるものがISOで規定されており、不純物が混じているものではなく、基本的にはそこから出てきた水素の露点を上げてあげれば使えるものとなる


水素製造装置メーカー
担当者

2. EV/FCバス・トラックの普及促進に向けた パワートレイン技術動向等の整理

② 水素関連技術動向

(1) 水素の特徴

(2) 燃料電池の種類と特徴

(3) 高圧水素タンク

自動車はエンジン始動後、すぐに発進できる必要があるため、動作温度が比較的低いPEFCが使用されている（動作温度が高いと起動まで時間がかかる）

燃料電池の種類と特徴

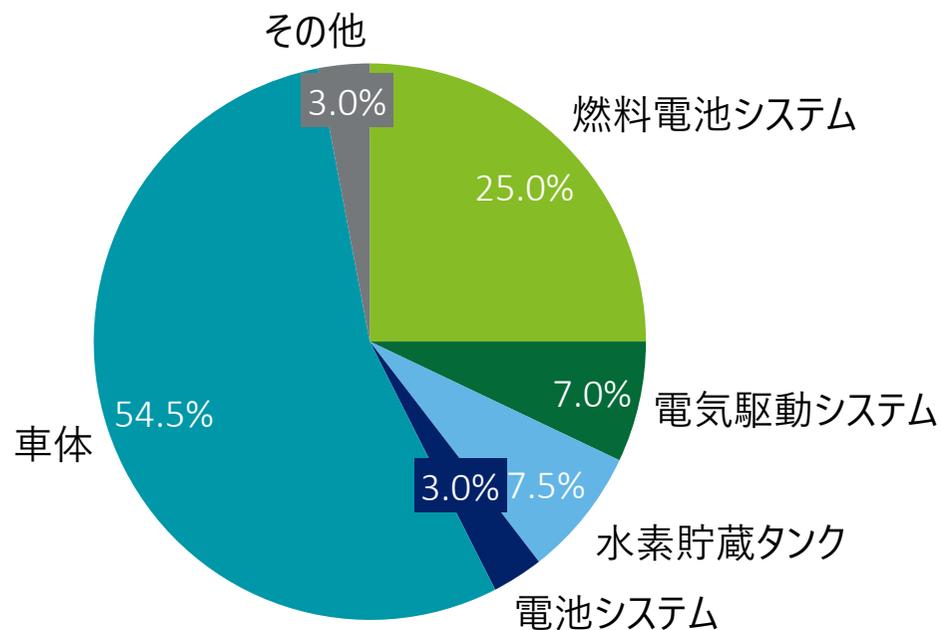
	固体高分子形 (PEFC)	リン酸形 (PAFC)	熔融炭酸塩形 (MCFC)	固体酸化物形 (SOFC)	アルカリ形 (AFC)
電解質	陽イオン交換膜 (フッ素樹脂系)	リン酸	リチウム・カリウム炭酸塩、 リチウム・ナトリウム炭酸塩	安定化ジルコニア	水酸化カリウム水溶液
媒体イオン	H ⁺		CO ₃ ²⁻	O ²⁻	OH ⁻
使用可能燃料	天然ガス、LPG、石油、メタノール、石炭ガス				純水素
動作温度	70～90℃	200℃	650～700℃	700～1000℃	20～150℃
発電効率 (LHV)	33～44%	39～46%	44～66%	44～72%	70%以上 (純水素の場合)
主な用途	小規模発電、分散型電源、輸送用電源	コージェネ、分散型電源	火力代替、コージェネ、分散型電源	小規模発電、分散型電源、火力代替	宇宙開発
利点	小型化・軽量化が容易		COを発電に利用できる 内部改質・排熱利用が可能	COを発電に利用できる 内部改質・排熱利用が可能	腐食が少ない
欠点	CO含有率の制限が厳しい、白金触媒のため高価		—	—	—
参入企業	トヨタ自動車、アイシン精機、パナソニック、ENEOSセルテック、東芝燃料電池システム	富士電機、東芝燃料電池システム	日本燃料電池、IHI	日本ガイシ、京セラ、ガスター、リンナイ、新日本石油、TOTO、トヨタ自動車、アイシン精機	

出所：環境ビジネスオンライン「環境用語集：燃料電池」

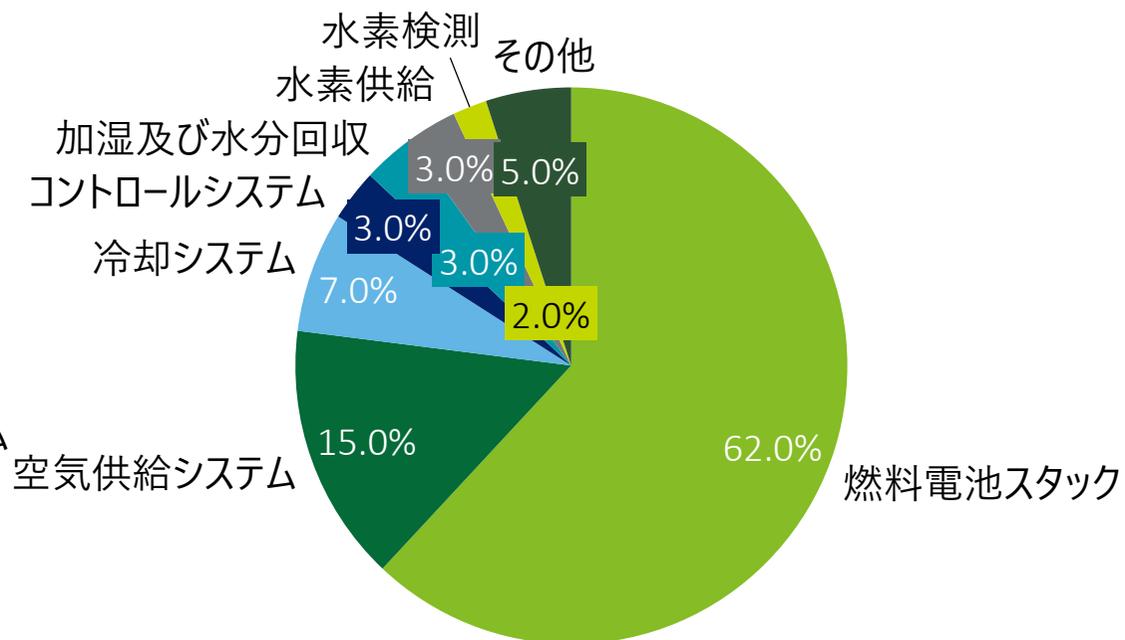
FCVのコスト高の要因は車体の開発費用、燃料電池システム、水素貯蔵タンク

FCVのコスト構造

燃料電池車のコスト構造



燃料電池システムのコスト構造



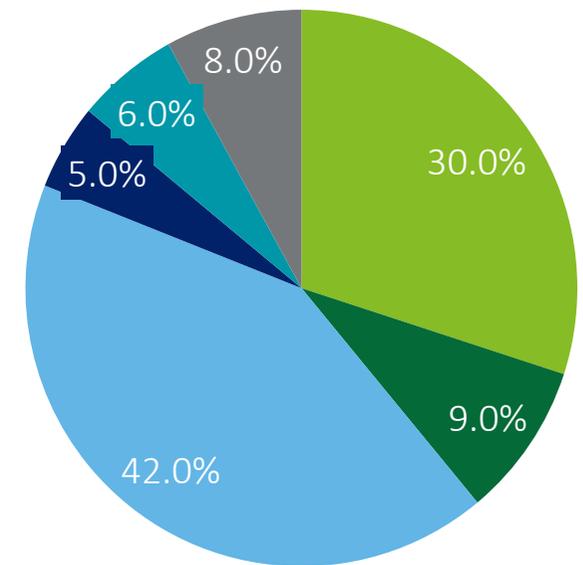
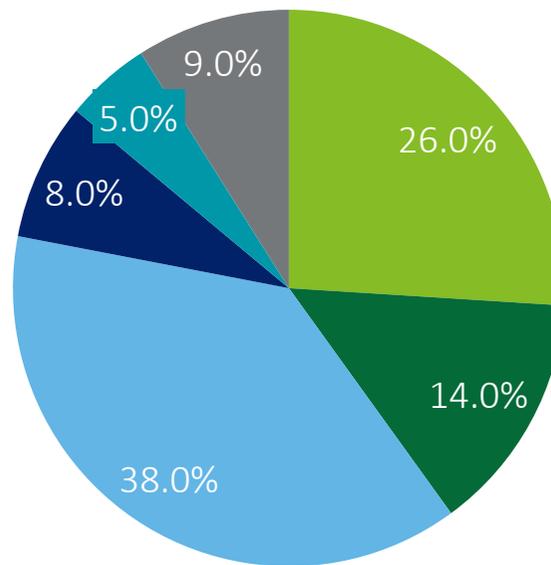
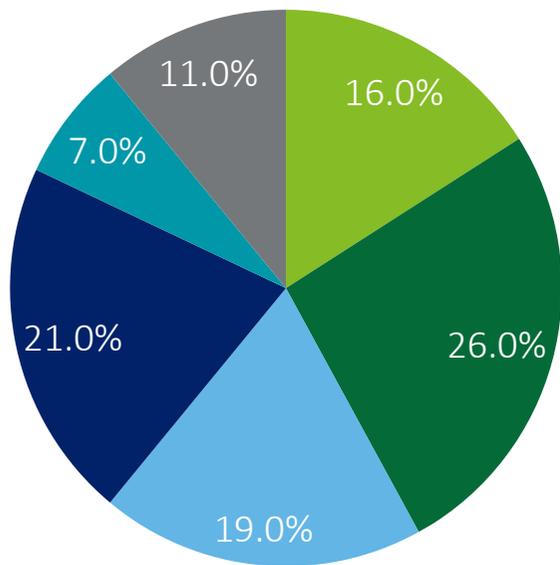
量産体制となった場合でも、双極板、白金触媒はコスト高。カーボンファイバーや白金といった、素材自体の単価が高く、量産によるコスト低減効果が小さいことが原因

FCVの普及課題 | FCスタックのコスト構造

年産1,000台

年産10万台

年産50万台



■ 双極版
 ■ 電極膜
 ■ 触媒
 ■ ガス拡散層
 ■ MEAガスケット
 ■ その他

出所：米国DOE “DOE Hydrogen and Fuel Cells Program Record” (September 30, 2017)

2. EV/FCバス・トラックの普及促進に向けた パワートレイン技術動向等の整理

② 水素関連技術動向

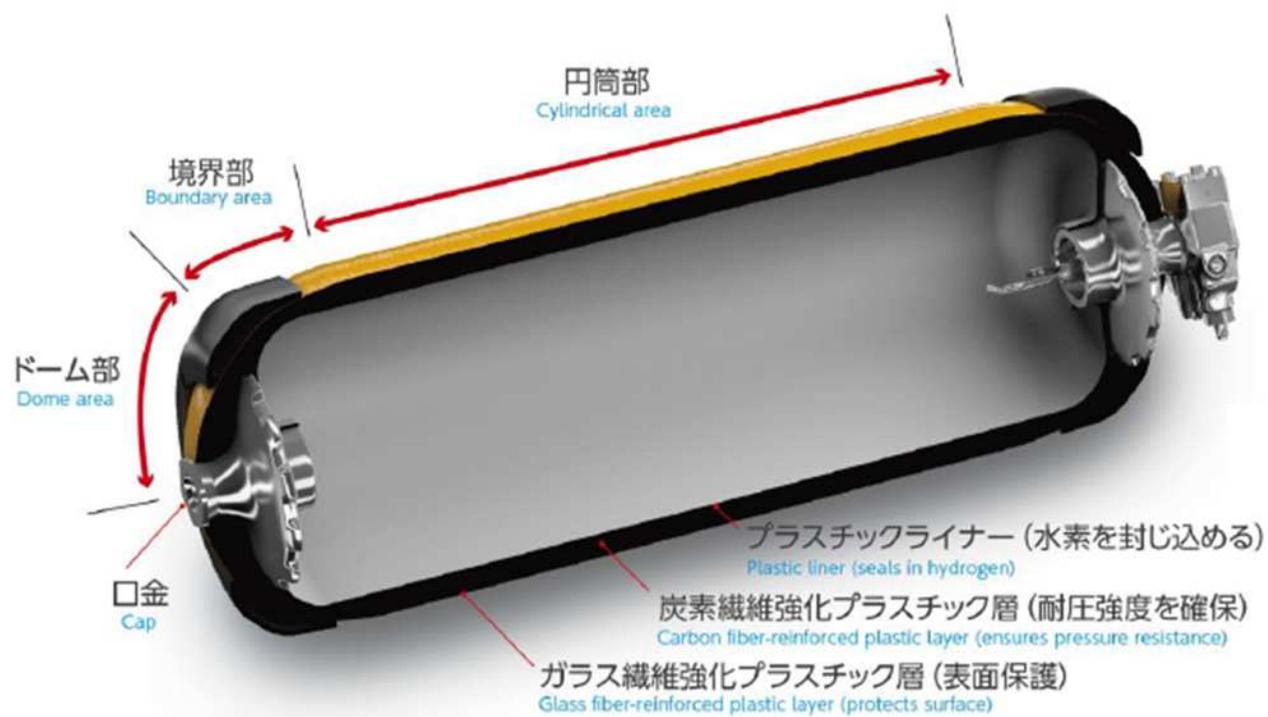
(1) 水素の特徴

(2) 燃料電池の種類と特徴

(3) 高圧水素タンク

高圧水素タンクは強度、耐久性を確保するため3層構造となっており、軽量化のためプラスチック素材が使用されている

高圧水素タンクの構造



高圧水素タンク(3層構造)

表層	ガラス繊維強化プラスチック
中層	炭素繊維強化プラスチック
内層	プラスチックライナー

車載用の高圧水素タンク関連メーカーは以下の通り

高圧水素タンクの関連メーカー

企業名	製品・パーツ	高圧水素タンク開発に関する取り組み
豊田合成株式会社	• 高圧水素タンク	• トヨタ自動車が発売した新型MIRAI向けの高圧水素タンクの生産を2020年11月から開始
東レ株式会社	• 高強度炭素繊維 (CFRP)	• 高圧水素タンク用高強度炭素繊維の市場独占 • 韓国と米国で製造設備を新規に建設
ミスノテクニクス株式会社	• 高圧水素タンクの外殻部分	• MIRAIに炭素繊維FPR製品「トウプリプレグ」が採用
宇部興産株式会社	• 高圧水素タンクライナー	• 高圧水素タンクライナー向けポリアミド（ナイロン）6樹脂「UBE NYLON™ 1218IU」（以下「1218IU」）がMIRAIに採用 • 2014年に発売された先代モデルの「MIRAI」から継続しての採用

水素内燃機関はFCよりも効率が悪く、懐疑的な見方もある。欧州では大型長距離トラックに液体水素を用いるための研究開発が進んでいる

今後の技術的な見通し

【水素内燃機関】

- 基本的にFCかEVの2択と理解するべきである
- 熱効率の観点から水素内燃を利用したエンジンの普及が既存のエンジンを代替する可能性はないと考える（水素エンジンの熱効率は30%弱であり、FC(熱効率約60%)の半分しか走行することができない）
- 内燃機関であれば、水素よりもバイオ燃料の方がまだ可能性はある
- 大型×長距離でも、モーター駆動は可能と見ている（新幹線がモーターで走っている実態もあり）

【液体水素】

- 液体水素燃料を利用するための研究開発は欧州が最も進んでいる
- 代表的なケースは、ダイムラーとボルボが組んで進めている研究開発である
- 大型長距離の商用車にFCを使用する場合、下記の点から液体水素が最も適している
 - 密度の面において液体水素は魅力的である
 - 長距離で止まることなく燃料使用が続く為、液体水素が気化する懸念がない（液体水素は燃料の使用が止まっている時間帯に生じるため）
 - 但し、液体水素を利用する場合は、液体を維持する温度管理と気化した際に定期的に機体を抜く機能が必要である
- 日本では、乗用車への利用を前提とした高圧水素の研究開発が進んでいる為、液体水素利用の研究開発は進んでいない（高圧水素の場合、気化する水素の量がごくわずか）
 - 一方で液体水素よりも貯蔵タンクの容量が大きくなってしまいうという短所がある



自動車メーカー
FC開発担当者